



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**SNÍMAČE A AKČNÍ ČLENY PRO SPALOVACÍ
MOTORY**

SENSORS AND ACTUATORS FOR COMBUSTION ENGINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Prouza

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Jiří Prouza**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Radim Dundálek, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Snímače a akční členy pro spalovací motory

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Osvojení základních pojmů zadané problematiky. Vysvětlení principu činnosti snímačů a akčních členů používaných ve spalovacích motorech.

Cíle bakalářské práce:

Uvedení přehledu snímačů a akčních členů používaných u spalovacích motorů pro řízení chodu motoru. Popis principu funkce.

Seznam doporučené literatury:

STONE, Richard. Introduction to Internal Combustion Engines. 3rd edition. Hampshire: Palgrave, 1999. ISBN 0-333-74013-0/1999.

HEISLER, Heinz. Advanced Engine Technology. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. ISBN 1-56091-734-2.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá přehledem nejdůležitějších snímačů a akčních členů pro chod spalovacího motoru. Je v ní uveden popis konstrukce a princip funkce každého snímače a členu. V první části se práce zabývá snímači, které snímají stav a průběh činností v motoru, převedou je na signál a následně pošlou do řídicí jednotky ke zpracování. V druhé části jsou popsány akční členy, které zpracovávají informace z řídicí jednotky a následně je převádějí na mechanický pohyb.

KLÍČOVÁ SLOVA

snímač, akční člen, vstřík, otáčky, předstih zážehu, zatížení motoru, zapalování, ventil, řídicí jednotka

ABSTRACT

This bachelor thesis is concerned with a summary of the most important sensors and control members which are used for combustion engine. There is a description of the construction and the principle of function of each sensor and member in this thesis. The first part of this thesis is concerned with sensors, which scan a condition and a course of activities in an engine, transform them to a signal and afterwards send them to the control unit, so it could process them. In the second part of this thesis there is a description of control members which process information from the control unit and afterwards transform them to a mechanical movement.

KEYWORDS

sensor, control member, injection, speed, advance ignition, motor load, ignition, valve, control unit

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PROUZA, J. *Snímače a akční členy pro spalovací motory*. Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 45 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Radima Dundálka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2019

.....

Jiří Prouza

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu Ing. Radimu Dundálkovi, Ph.D. za vstřícný přístup, odborné rady a připomínky při vypracovávání této bakalářské práce. Také bych chtěl vyjádřit poděkování rodině za veškerou podporu po celou dobu mého studia.

OBSAH

Úvod	14
1 Snímače sloužící ke stanovení základních parametrů provozu motoru	15
1.1 Snímač otáček motoru.....	15
1.2 Snímače průtoku vzduchu.....	19
1.2.1 Snímač množství vzduchu	20
1.2.2 Snímač hmotnosti vzduchu.....	20
1.3 Snímač polohy škrtkové klapky.....	22
1.4 Snímač tlaku v sacím potrubí.....	23
1.5 Snímač úhlu natočení.....	24
2 Snímače sloužící k optimalizaci motoru na základě provozních režimů	25
2.1 Snímač klepání motoru	25
2.2 Snímač teploty	27
2.3 Snímač obsahu kyslíku ve výfukových plynech (lambda sonda)	28
3 Akční členy zajišťující chod motoru	30
3.1 Vstřikovací ventil.....	30
3.1.1 Elektromagnetický vstřikovací ventil u zážehového motoru	30
3.1.2 Vstřikovače u vznětového motoru systému Common Rail	31
3.2 Nastavovač škrtkové klapky	33
3.3 Zapalovací cívka	34
3.3.1 Zapalovací cívka u konvenčního cívkového zapalování	34
3.3.2 Zapalovací cívky u plně elektronického zapalování.....	35
4 Akční členy optimalizující chod a výkon motoru	37
4.1 Ventil recirkulace spalin	37
4.2 Variabilní časování ventilů	38
4.2.1 Elektrohydraulické měniče časování ventilů	38
4.2.2 Variabilní rozvod Honda VTEC.....	39
4.3 Variabilní sací potrubí	40
Závěr	41
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	44
Seznam obrázků.....	45

ÚVOD

V aktuálním trendu vývoje spalovacích motorů je kladen vysoký důraz na nízkou spotřebu paliva při dosažení co největšího výkonu a nízký obsah toxických složek ve výfukových plynech. V minulosti bylo v motoru minimum elektroniky, všechno bylo řízeno na základě mechanických pohybů a systémů. Tyto systémy byly ale velice náročné na údržbu (například časté seřizování předstihu), a proto byly nahrazeny elektronickými systémy, které lze využít i tam, kde mechanické systémy použít nelze. U moderního spalovacího motoru jsou proto snímače a akční členy jeho nedílnou součástí a řídí kompletně jeho chod. Snímače převážně snímají rotační pohyby (otáčky) nebo stavy (teplota) a převádějí je na elektrické veličiny. Akční členy dostávají signály z řídicí jednotky, a ty následně převedou na mechanický pohyb (vstřikovací ventil, časování ventilů apod.).

V této práci zmíním nejpodstatnější snímače a akční členy a rozdělím je podle toho, jak jsou důležité pro chod motoru. V první části se budu věnovat snímačům, které určují základní parametry pro provoz motoru jako zážeh, okamžik vstřiku paliva nebo doba vstřiku paliva. V druhé části se zaměřím na snímače, které optimalizují chod motoru. Eliminují klepání motoru nebo snímají obsah kyslíku ve výfukových plynech a zajišťují snižování emisí motoru. V další části této práce popíši akční členy, které zajišťují chod motoru. Řadí se mezi ně například vstřikovací ventil, který určuje přesnou dávku paliva do sacího potrubí. V poslední části práce zmíním akční členy, které optimalizují chod a výkon motoru a jsou také důležité ke snížení obsahu škodlivých látek ve výfukových plynech.

1 SNÍMAČE SLOUŽÍCÍ KE STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ PROVOZU MOTORU

1.1 SNÍMAČ OTÁČEK MOTORU

Signál snímače otáček je jednou z nejdůležitějších veličin elektronického řízení motoru. Díky němu a také díky tlaku v sacím potrubí se nastavuje okamžik zážehu a také okamžik vstřiku paliva. Snímač sleduje polohu klikového hřídele a na základě frekvence impulsu jsou otáčky zpracovávány v řídicí jednotce. Zjišťuje se, zda v daném válci vzniká nezápál.

Rozdělení snímačů otáček:

Pro snímání počtu otáček se používají dva druhy snímačů: induktivní a Hallův.

Induktivní snímač otáček

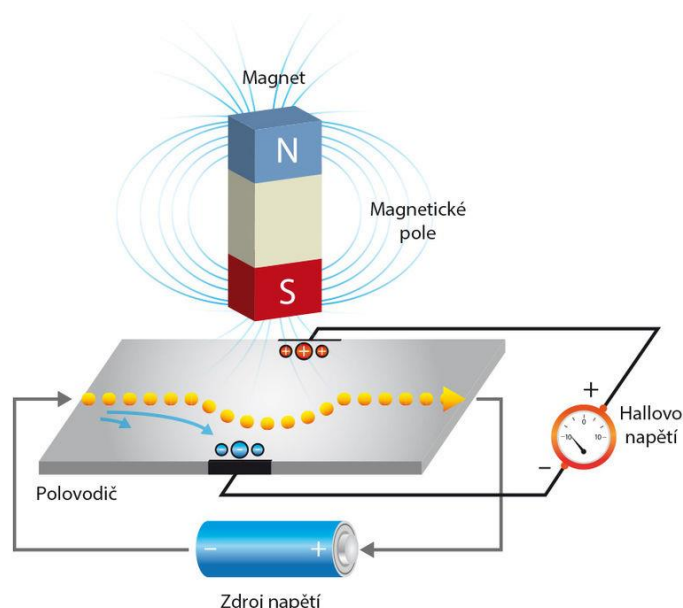
Induktivní snímače se skládají ze tří magnetických součástí: z nehybné cívky, z tyčového magnetu s magneticky měkkým železem a z trvalé magnetické části. V cívce se indukuje přibližné sinusové napětí. „Změna magnetického toku potřebná k vytváření výstupního napětí je způsobována otáčením ozubeného věnce a velikost signálu je přímo úměrná otáčkám ozubeného věnce.“ [3] Proto se hodnoty vstupních obvodů v řídicí jednotce dynamicky přizpůsobují otáčkám. Nehodí se ke snímání extrémně pomalých rychlostí (min je cca 30 ot/min), protože výstupní signál je pak roven nule. [4]

Induktivní snímače mají jednu slabinu. Pokud vzniká velké chvění nebo mechanická vůle, tak není možné udržet vzduchovou mezeru mezi snímačem a ozubeným kolem a vznikají napěťové impulsy. Tyto impulsy se pak těžko rozeznávají od správných signálů otáček.

Snímač s Hallovým prvkem

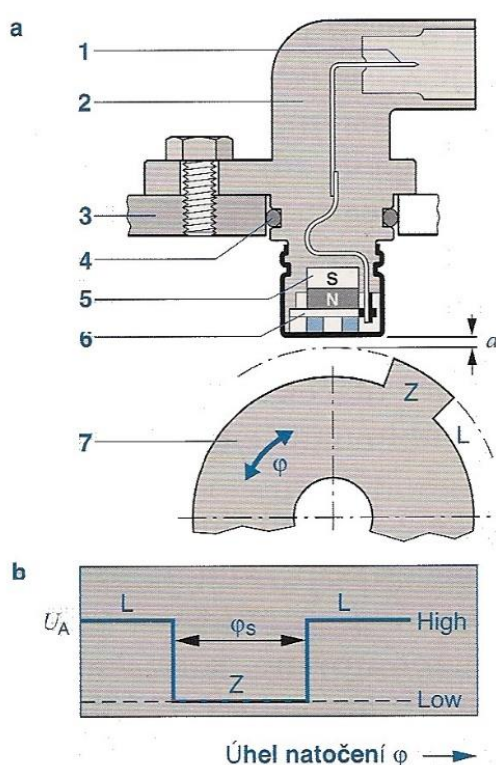
Popis Hallova jevu:

„Hallův jev je vznik elektrického napětí příčně ve vodiči, jímž podélně protéká elektrický proud, který je odchylován magnetickým polem kolmým ke směru proudu. Hallův jev objevil v roce 1879 Edwin Herbert Hall. Tenký zlatý plíšek vložil do homogenního magnetického pole kolmo k jeho siločarám. Plíškem pak nechal procházet elektrický proud. Magnetické pole vychylovalo elektrony pohybující se vodičem z přímé dráhy a způsobovalo jejich nerovnoměrné rozdělení napříč vodičem. Působením magnetického pole vznikl u jedné boční strany plíšku jejich nadbytek, u protilehlé naopak jejich nedostatek. Tím došlo ke vzniku měřitelného napětí mezi oběma bočními stranami plíšku. Hallové napětí je při stálém proudu přímo úměrné velikosti (magnetické indukce) magnetického pole.“ [5]



Obr 1.1 Hallův jev [6]

Hallův snímač potřebuje ke své funkci napájecí napětí (indukční snímač jej nepotřebuje). Rotorem je ozubené kolo z kovového materiálu. Přiblížení a oddálení jednotlivých zubů způsobuje změny magnetického pole v blízkosti permanentního magnetu a vzniká napětí o několika milivoltech. Hallův integrovaný obvod vytváří magnetické pole a nachází se v něm vyhodnocovací elektronika, která zpracuje signál a na výstup posílá obdélníkový průběh. Velikost vzduchové mezery mezi rotorem a snímačem nezávisí na velikosti výstupního signálu. Na rozdíl od indukčního snímače má Hallův tu výhodu, že výstupní napětí není závislé na rychlosti otáček a dá se snadno elektronicky zpracovat. [2] [3]



a – Umístění snímače a jednostopého impulsního kola

b – Průběh výstupního napětí

1 – Elektrická přípojka

2 – Pouzdro snímače

3 – Kryt motoru

4 – Těsnící kroužek

5 – Trvalý magnet

6 – Hallův integrovaný obvod

7 – Impulsní kolo se zuby/segmenty (Z) a mezerou (L)

a – Vzduchová mezera

Obr 1.2 Konstrukce Hallového snímače [2]

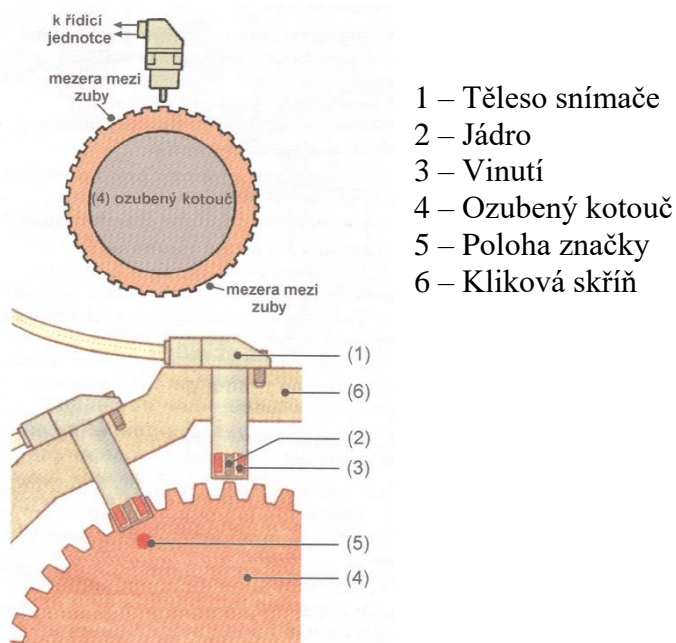
Abychom zjistili počet otáček a mohli synchronizovat otáčky klikového hřídele, tak snímání rozdělujeme na tři možnosti podle konstrukce snímače:

a) snímání otáček z klikového hřídele pomocí indukčního snímače

Tato metoda používá **indukční snímač** a rozdělujeme se na další dvě provedení:

- Na klikové hřídeli je umístěn ozubený kotouč, který má na sobě umístěny dvě symetrické mezery, jež slouží k testování polohy klikového hřídele. Snímač snímá a testuje počet zubů. U tohoto provedení se používá pouze jeden snímač otáček. [1]
- Ozubený kotouč má umístěny zuby po celém obvodu a pro testování polohy slouží značka, která je umístěna na povrchu kotouče. Zde se musí použít dva snímače otáček. [1]

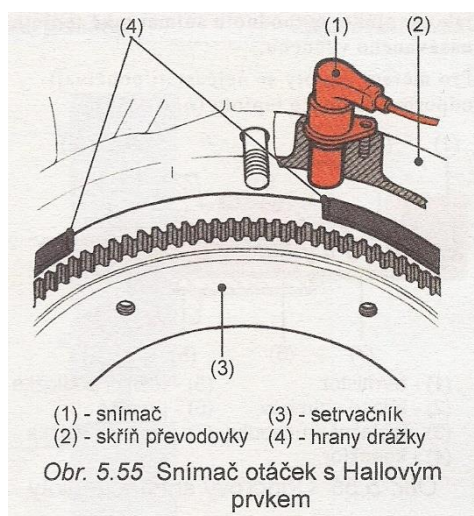
Aby řídicí jednotka poznala nezápal, je rozdělen počet zubů do jednotlivých segmentů, aby se odpovídající počty zápalů vztahovaly na jednu otáčku. Tyto segmenty jsou počítány v pravidelných intervalech a procházejí kolem snímače. Pokud nastane situace, že směs nebude v daném válci zapálena, řídicí jednotka tuto chybu vyhodnotí a prodlouží dobu pohybu segmentu. Doba prodloužení se pohybuje okolo zlomku milisekundy. Jestliže hodnota překročí maximální hodnotu, která je nastavena v řídicí jednotce, rozsvítí se na palubní desce varovná kontrolka. Pokud se chyba do určité doby nevrátí do normálního stavu, je odstaven vstřík, protože může dojít ke zničení katalyzátoru vlivem přehřátí.



Obr. 1.3 Indukční snímač otáček [1]

b) snímání otáček z klikového hřídele pomocí Hallového snímače

Snímač je umístěn na skříni převodovky v místě setrvačníku. Vysílá do řídicí jednotky signál, který spouští hrany drážek, jež jsou vyfrézovány do setrvačníku. Jedná se o dva impulsy, které mají vzhledem ke klikové hřídeli polohu 60° a 6° před horní úvratí. [7]

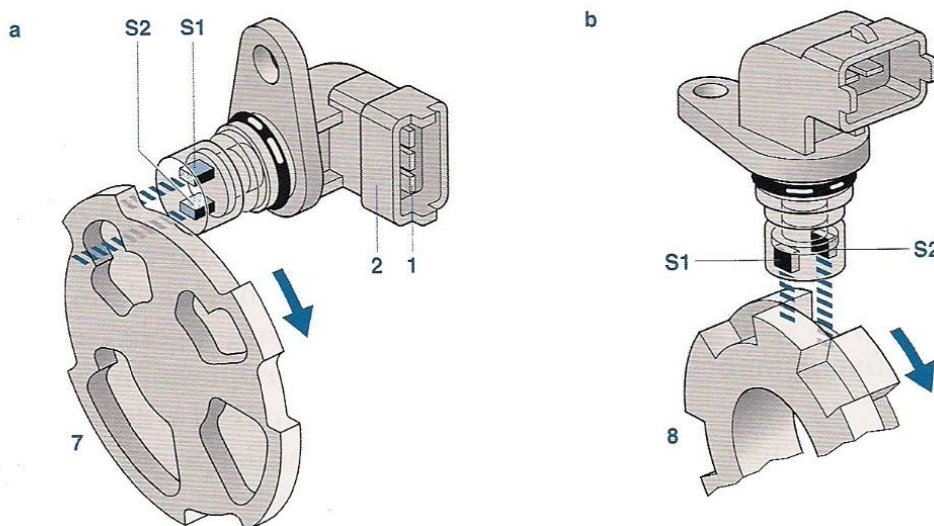


Obr. 5.55 Snímač otáček s Hallovým prvkem

Obr. 1.4 Snímač otáček s Hallovým prvkem na skříni převodovky [1]

c) snímání otáček z vačkového hřídele pomocí Hallového snímače

Převodový poměr mezi vačkovým a klikovým hřídelem je 1:2 a snímač polohy vačkového hřídele předává informaci řídící jednotce, kde se právě píst motoru nachází, jestli v době komprese, nebo v době výfuku. Toto snímání pracuje na diferenciálním principu tyčového snímače a rozděluje se na axiální a radiální. Tyto snímače dodávají výstupní signál, který je úměrný rozdílu intenzit pole mezi dvěma měřícími body. Je tu ale nutná dvoustopá clona s otvory (Obr 1.5a), nebo dvoustopé impulsní kolo (Obr 1.5b). Tyto snímače se používají při vysokých požadavcích na přesnost a mají velký rozsah vzduchové mezery. [2]



Obr 1.5 Diferenciální Hallovy tyčové snímače [2]

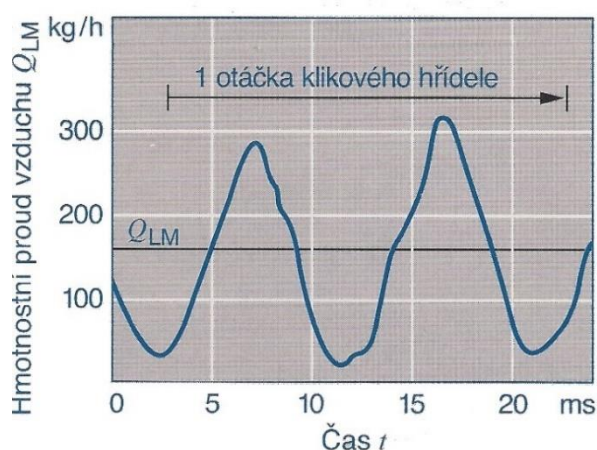
a – Axiální snímání (clona s otvory)

b – Radiální snímání (dvoustopé impulsní kolo)

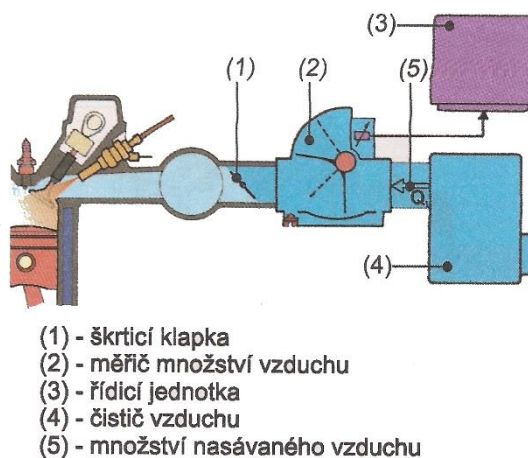
1.2 SNÍMAČE PRŮTOKU VZDUCHU

Snímače průtoku vzduchu snímají motorem nasávaný proud vzduchu. Fungují za účelem určování zatížení motoru a spolu s otáčkami tvoří hlavní řídicí veličinu pro určení základní dávky paliva. Zejména u zážehových motorů jsou nejdůležitější veličinou pro zatížení. Obecně se tyto měřiče nazývají „anemometry“. Jsou umístěny v sacím potrubí mezi čističem vzduchu a škrtkicí klapkou.

Podle výkonu motoru se maximální hmotnostní tok vzduchu v průměru pohybuje v rozsahu 400–1200 kg/h. Jelikož je u moderních motorů stále více kladen důraz na nízkou spotřebu a přísné požadavky na spaliny, poměr mezi minimálním a maximálním průtokem činí 1:90 až 1:100 a musí být dosaženo přesnosti 1–2 % z měřené hodnoty. Když to převedeme na měřicí rozsah, znamená to přesnost měření 10^{-4} , což je u motorového vozidla neobvykle vysoká přesnost. Motor ale nebere proud vzduchu jako kontinuální, ale odebírá vzduch v závislost na taktu otevírání sacích ventilů. To způsobuje, že hmotnostní proud vzduchu značně pulsuje i v místě měření. Pokud by měřiče měly lineární charakteristiku, tak by stačilo, kdyby sledovaly střední hodnotu rychle kolísajících průtoků. Ale všechny měřiče mají velmi zakřivené charakteristiky, takže se vyhodnocený signál musí ještě elektronicky linearizovat, jinak by mohlo vést ke značným dynamickým chybám. [10] [2]



Obr 1.6 Pulzující hmotnostní proud vzduchu [2]



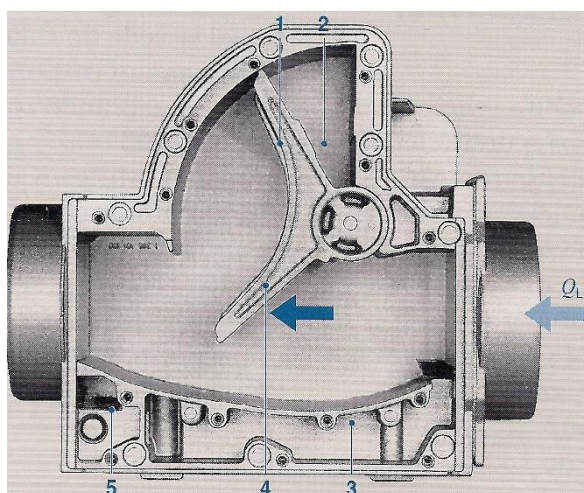
Obr 1.7 Umístění v sacím systému [10]

1.2.1 SNÍMAČ MNOŽSTVÍ VZDUCHU

Tento snímač měří náporový tlak. Používal se u zážehových motorů se systémem L-Jetronic a M-Motronic. Nyní se už tento snímač nepoužívá, nahradil ho *snímač hmotnosti vzduchu*.

Konstrukce a princip funkce:

Proudící vzduch pootáčí klapkou (4), která je uložena na hřídelce. S touto hřídelkou je spojen jezdec potenciometru. Pootáčí se podle vychýlení klapky a následně převádí úhel natočení na hodnotu elektrického napětí. Aby se klapka nevychýlila, tak proti ní působí pružina. Aby se zamezilo vlivu kmitání vzduchu na měřicí klapku, je tato klapka spojena s klapkou kompenzační (1), která je spojena s tlumícím objemu (2). K nastavování bohatosti směsi, když motor běží naprázdno, je měřič vybaven regulačním šroubem bohatosti směsi (5). Elektrický signál měřiče je vyslán do řídicí jednotky ještě před tím, než se naplní válce. Děje se to proto, aby nasávaný vzduch procházel nejdříve měřičem množství vzduchu. Díky tomu se může s dostatečným předstihem připravit dávka paliva, která se mění v závislosti na zatížení motoru. [4] [10]



- 1 – Kompenzační klapka
- 2 – Tlumící objem
- 3 – Obtok
- 4 – Vzduchová klapka
- 5 – Šroub pro nastavení volnoběžné směsi
- Q_L – Proud nasávaného vzduchu

Obr 1.8 Měřič množství vzduchu (pohled ze strany) [2]

1.2.2 SNÍMAČ HMOTNOSTI VZDUCHU

Tento snímač nahradil snímač množství nasávaného vzduchu. Jeho výhodou je rychlá reakce na zatížení motoru, přesnější zjištění hmotnosti vzduchu a jednodušší konstrukce, která je bez pohybujících dílů (odstranila se pohyblivá klapka).

Princip funkce:

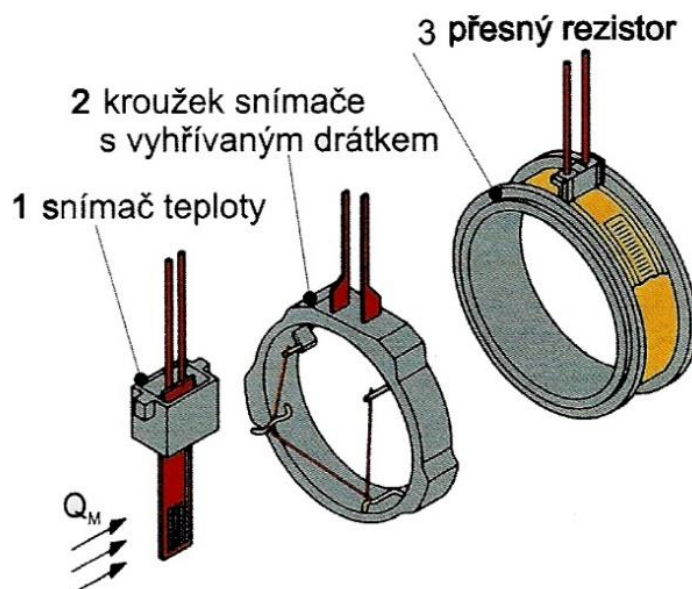
V toku nasávaného vzduchu je elektricky vyhřívané těleso, které je následně proudícím vzduchem ochlazováno. Regulační obvod následně dodává vyhřívanému tělesu takovou teplotu, aby byla stále vyšší o konstantní rozdíl, než je teplota nasávaného vzduchu. V tomto principu měření se také zohledňuje hustota, protože určitým podílem ovlivňuje velikost odebíraného tepla na ohříváním tělese. [11]

Dělí se na dva typy: *Snímač hmotnosti vzduchu s vyhřívaným drátkem* a *s vyhřívaným filmem*. Oba dva pracují na stejném principu, akorát mají jinou konstrukci.

a) Měřič hmotnosti vzduchu s vyhřívaným drátkem

Hlavní regulační obvod se skládá z můstkového zapojení a zesilovače. Vyhřívaným tělesem je u tohoto měřiče platinový drátek silný 0,07 mm. Před ním je v proudu vzduchu snímač teploty.

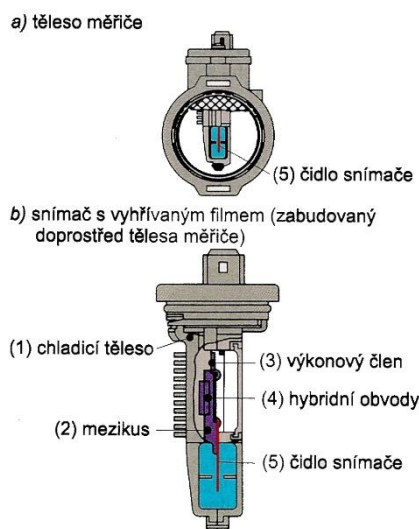
Tyto dva komponenty jsou součástí můstku a pracují jako tepelně závislé odpory. Proud vytváří na rezistoru napěťový signál, který je úměrný hmotnostnímu proudu vzduchu a vede do řídicí jednotky. Aby se zabránilo zkreslování výsledků, je před každým vypnutím motoru drátek zahříván na vypalovací teplotu okolo 1000 °C po dobu jedné sekundy. Tím se vypálí usazeniny, které na drátku vznikají. [11]



Obr 1.9 Hlavní část měřiče hmotnosti vzduchu s vyhříváním drátkem [10]

b) Měřič hmotnosti vzduchu s vyhříváním filmem

Vyhříváním tělesem u tohoto měřiče je platinový film, který je umístěn na keramické destičce a spolu tvoří můstek. Součástí můstku je snímač průtoku, který snímá teplotu vyhřívacího prvku. Od vyhřívajícího filmu je oddělen snímač teploty vzduchovou mezerou. U tohoto měřiče se nečistoty usazují na přední hraně keramické destičky snímače, a proto jsou části rozhodující pro přenos tepla uspořádány na zadní hraně. Díky tomu je zachována dlouhodobá přesnost měření i bez spalování nečistot. [1]



Obr 1.10 Snímač hmotnosti nasávaného vzduchu s vyhříváním filmem [1]

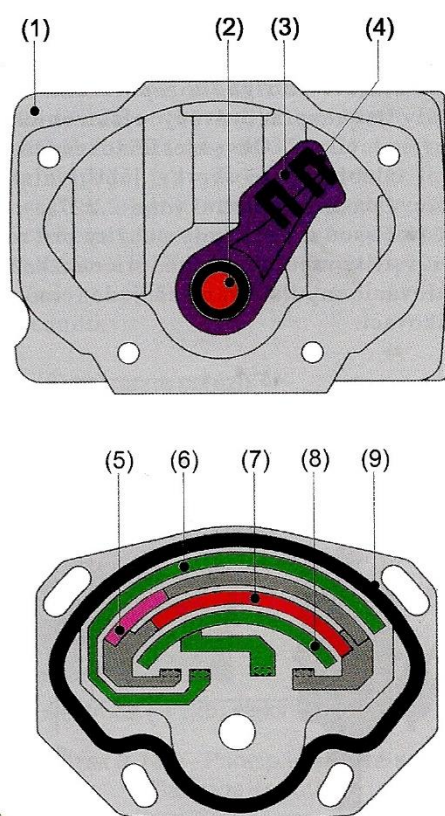
1.3 SNÍMAČ POLOHY ŠKRTÍCÍ Klapky

Poloha škrťící klapky je velice důležitá veličina pro určení doby vstřiku a také pro činnost nastavovače škrťící klapky. Snímač snímá úhel natočení škrťící klapky u zážehového motoru. Natočení klapky je závislé na tom, jak moc řidič sešlápne akcelerační pedál. Určuje se tím proud nasávaného vzduchu do motoru a stanovuje požadovaný okamžitý výkon. Je často používán jako vedlejší snímač, který vysílá signál nouzového režimu, pokud vypadne hlavní snímač zatížení, což je snímač měřiče hmotnosti vzduchu.

Úhlová rychlost pohybu škrťící klapky je pro úpravu dávkování velmi důležitá. Aby bylo dosaženo co nejnižších emisních hodnot výfukových plynů a bezproblémového běhu motoru, musí být rozdělena doba vstřiku a plnění motoru na malé stupně, aby chybová hodnota ve složení zápalné směsi nepřesáhla 2 %. Na úhlu škrťící klapky velmi záleží, když jsou nízké otáčky, a tudíž i malý úhel natočení klapky (běh naprázdno nebo částečné zatížení). [1]

Konstrukce a princip funkce:

Snímač je potenciometrický snímač úhlu s jednou nebo dvěma lineárními charakteristikami. Rameno (3), které je spojeno s hřídelem škrťící klapky (2), je na běžcích a podélně přejíždí po odporových drahách, které jsou dvě. Jedna pro běh naprázdno (5) a druhá pro plné zatížení (7). Tyto dráhy mají ještě vedle sebe paralelní kolektorovou dráhu (6,8). Na raménku jsou ještě čtyři jezdce (4) a každý je přiřazen k jedné odporové dráze. [1]



- 1 – Spodní část vstřikovací jednotky
- 2 – Hřídelka škrťící klapky
- 3 – Raménko jezdce
- 4 – Jezdec
- 5 – Odporová dráha pro malé úhly natočení škrťící klapky
- 6 – Kolektorová dráha
- 7 – Odporová dráha pro velké úhly natočení škrťící klapky
- 8 – Kolektorová dráha
- 9 – Těsnění

Obr 1.11 Potenciometr škrťící klapky [1]

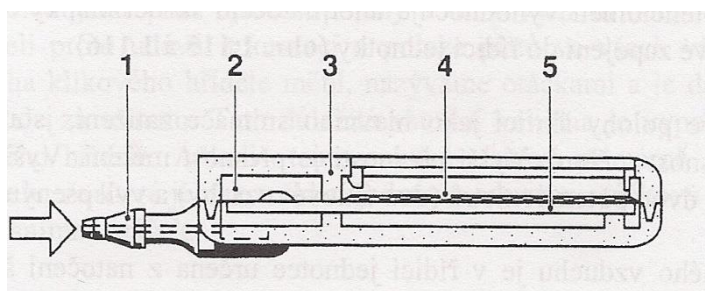
1.4 SNÍMAČ TLAKU V SACÍM POTRUBÍ

Snímač tlaku je připojen k sacímu potrubí za škrtkou klapkou a snímá v něm absolutní tlak. Používá se jako hlavní řídicí veličina pro dávkování paliva. Snímač může být ještě zabudován přímo v řídicí jednotce. Ten je pak dále propojen hadičkou se sacím potrubím. Absolutní tlak je vždy menší než okolní atmosférický tlak. Pokud je klapka uzavřená, tak je jeho hodnota nejnížší, s postupným otevíráním klapky se tlak zvyšuje. Signál se přivádí do řídicí jednotky, která vypočítá délku doby vstřiku. Tento snímač se používá u přeplňovaných motorů, protože dávku vstříknutého paliva nelze stanovit ze snímače hmotnosti vzduchu. Někdy se používá také u nepřepřňovaných motorů jako vedlejší snímač zatížení motoru, který je používán jako nouzový, pokud vypadne signál ze snímače hmotnosti vzduchu.

Při výpočtu délky vstřiku se vychází ze standardních podmínek (tlak vzduchu v nulové nadmořské výšce a teplota vzduchu okolo 20 °C). V této fázi má hustota nasávaného vzduchu výchozí hodnotu a vypočítává se použitím snímačů tlaku v sacím potrubí a teploty nasávaného vzduchu. Aby tento snímač dokonale fungoval, musí být doplněn ještě spínač, který signalizuje polohu maximálního a minimálního otevření škrtkou klapky. Je to proto, že snímač tlaku nedokáže dostatečně rychle reagovat. [13] [12]

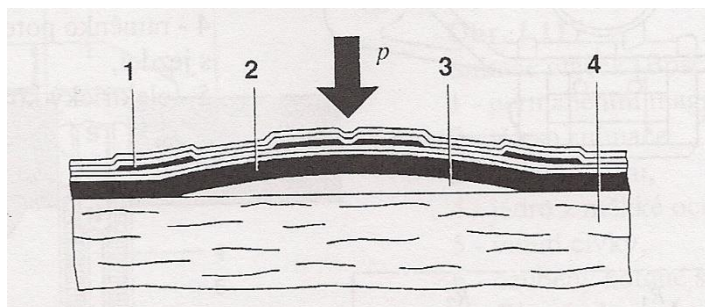
Konstrukce a princip funkce:

Snímač je rozdělen na tlakový článek, ve kterém jsou dva měřicí elementy. Tvoří je membrána a prostor s vyhodnocovacím obvodem. Obě tyto části jsou umístěny na desce z keramického substrátu. V závislosti na absolutním tlaku se v sacím potrubí mění prohnutí membrány. Na ní jsou nanášeny piezorezistenční odpory, které mění odpor v závislosti na mechanickém pnutí. Tyto odpory jsou zapojeny do můstku, takže díky vychýlení membrány, na kterou působí tlak, se můstek rozhoupe. Napětí na můstku je úměrné velikosti tlaku v sacím potrubí. Vyhodnocovací část zesiluje výstupní napětí můstku a tento signál poté přivádí do řídicí jednotky soustavy vstřikování. [12]



- 1 – Prívod tlaku
- 2 – Tlakový článek
- 3 – Těsný můstek
- 4 – Vyhodnocovací obvod
- 5 – Deska z keramického substrátu

Obr 1.12 Snímač tlaku [12]



- 1 – Piezorezistentní odpory
- 2 – Základní membrána
- 3 – Uzavřená komora s referenčním tlakem
- 4 – Deska z keramického substrátu
- p – Tlak vzduchu

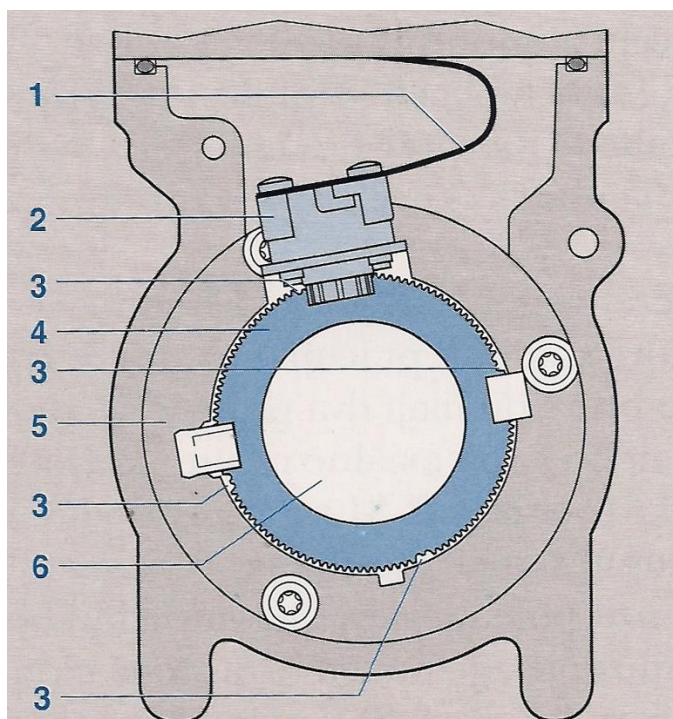
Obr 1.13 Membrána s měřicími elementy [12]

1.5 SNÍMAČ ÚHLU NATOČENÍ

Tyto snímače otáček se montují do rotačních vstřikovacích čerpadel, které řídí elektromagnetické ventily. Jejich signály slouží u vstřikovacího čerpadla k měření aktuálních otáček a k určení natočení momentálního úhlu hřídele nebo vačky. Jednou ze základních veličin pro řídicí jednotku čerpadla jsou aktuální otáčky. Řídicí jednotka určuje, jak dlouho bude aktivován vysokotlaký elektromagnetický ventil. To je důležité k určení množství vstříknutého paliva. Právě momentální úhel natočení nám určí okamžik aktivace elektromagnetického ventilu. Při správném úhlu natočení je zajištěno, že při odpovídajícím zdvihu vačky dojde k otevření a zavření ventilu a tím k správnému vstřikovanému množství. Tento signál lze také použít jako náhradní signál, pokud selže signál ze snímače otáček klikového hřídele. [9] [2]

Konstrukce a princip funkce:

Snímač úhlu natočení snímá ozubené kolo, které je impulsní a má 120 zubů. Je namontován na hnacím hřídeli rotačního vstřikovacího čerpadla. Jako u snímače otáček na klikovém hřídeli jsou na impulsním ozubeném kole rozmístěné mezery mezi zuby, jejichž počet odpovídá počtu válců. [13]



- 1 – Pružná fólie s vodiči
- 2 – Snímač úhlu natočení
- 3 – Mezera mezi zuby
- 4 – Ozubené impulsní kolo
- 5 – Otočný ložiskový kroužek
- 6 – Hnací hřídel

Obr 1.14 Snímač úhlu natočení [2]

2 SNÍMAČE SLOUŽÍCÍ K OPTIMALIZACI MOTORU NA ZÁKLADĚ PROVOZNÍCH REŽIMŮ

2.1 SNÍMAČ KLEPÁNÍ MOTORU

Klepání motoru (detonační hoření) vzniká při nekontrolovaném spalování. Projevuje se snížením výkonu a účinnosti motoru. Při spalování vznikají detonace samozápalen zbytků paliva, které nebyly zapáleny zapalovací svíčkou, a ve spalovacím prostoru se zbytky směsí vlivem vysoké teploty vznítí. Tyto samozápaly vznikají samovolně a jsou zcela neřízené. Výše popsáný jev je pro životnost motoru velice nebezpečný. Díky němu se mohou např. podpalovat ventily nebo se může zničit těsnění pod hlavou.

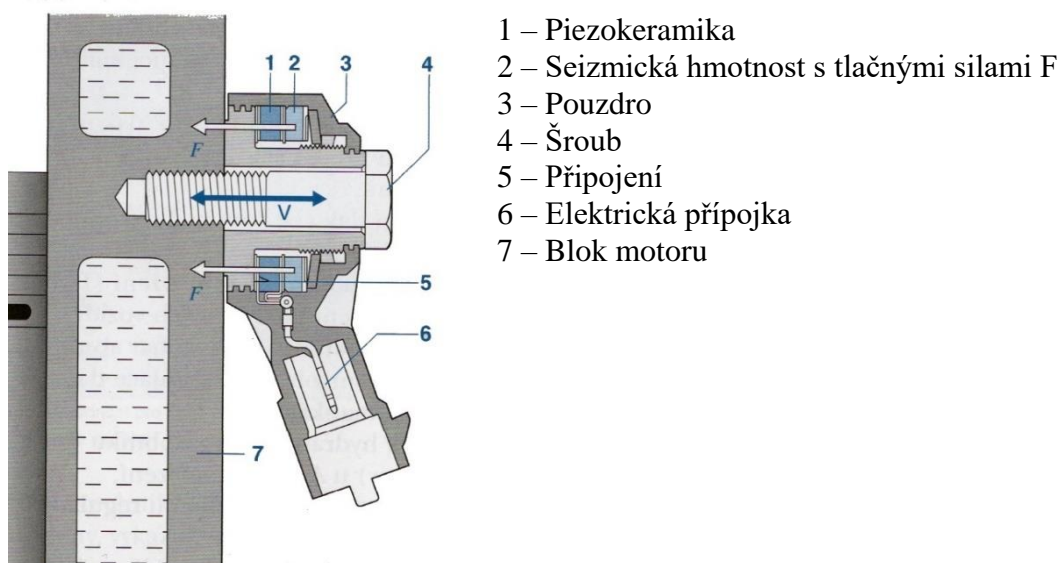
Pro omezení klepání motoru existuje hned několik možných variant. Můžeme do paliva přidat olovo, ale jelikož olovnatý benzín téměř vymizel a většina automobilů má katalyzátor, který by olovnatý benzín zničil, toto řešení musíme vyloučit. Dalším řešením je snížení kompresního poměru. Při jeho použití ale rapidně vzroste spotřeba. A jelikož je současný trend takový, že spotřeba paliva u automobilů má být co nejmenší, musíme toto řešení taktéž vyloučit. Jedno z možných východisek, jak klepání motoru omezit, je regulace úhlu předstihu zážehu. Pro jednotlivé typy vozidel je seřízení provedeno tak, aby klepání bylo neslyšitelné, a aby bylo bezpečně vyloučeno jakékoliv poškození motoru.

Snímače klepání motoru zaznamenávají charakteristický zvuk a zároveň ho změny na elektrický signál, který se přivede do řídicí jednotky k dalšímu zpracování. [1]

Rozdělení snímačů:

a) Piezoelektrické snímače klepání

Základní činností snímače je piezoelektrický jev, který vlivem deformace (tlakem) dielektrického krystalu vytváří elektrické napětí. Umisťuje se na bok válců a musí být bezpečně rozlišeno, ve kterém válci klepání nastalo. [1]



Obr 2.1 Snímač klepání motoru [2]

Pro 4válcové řadové motory se umísťuje jeden snímač, pro 6válcové motory už jeden snímač nestačí a umísťují se dva. Dále se 8 a 12válcové motory vybavují dvěma nebo více snímači klepání. Snímače se pak přepínají podle pořadí zapalování.

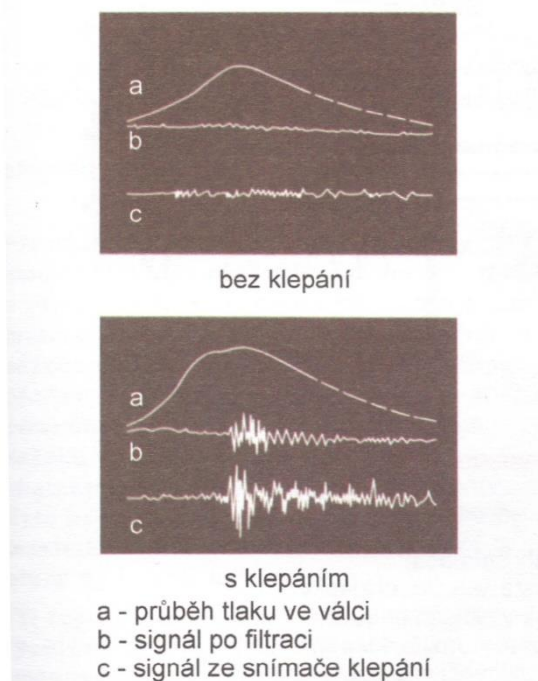
b) Optoelektronické snímače klepání

Snímač je tvořen optickým vláknem. Když se změní tlak, změní se optické průchodnosti vlákna. Změna se změří a signál se pošle do řídicí jednotky. Snímání se uskutečňuje po půl stupních natočení klikového hřídele a z hodnot, které se naměřily, se vypočítá pro každý cyklus indikovaný výkon a z tohoto výkonu se určuje výsledná hranice klepání. Snímače se umísťují v hlavě válců a jsou samostatné pro každý válec zvlášť. S porovnáním s piezoelektrickým snímačem má tento snímač výhodu, že nemusí docházet ve válci k detonačnímu spalování, aby se zaznamenal signál. [2]

Vyhodnocení v řídicí jednotce

Signály ze snímačů jsou odesílány do řídicí jednotky, kde je pro každý válec určena samostatná referenční úroveň, která se neustále porovnává s provozními hodnotami. S porovnáním s užitečným signálem, který se vytvoří filtrací, řídicí jednotka vyhodnotí, zda v daném válci dochází ke klepání, či nikoliv.

Když tento jev nastane, tak je pouze v tom daném válci upraven (zmenšen) úhel předstihu zážehu natočením klikového hřídele, např. o 1 stupeň. Poté, co klepání motoru přestane, úhel předstihu se bude pomalu postupně zvětšovat až na původní hodnotu pro příslušný režim chodu motoru, která je daná mapovým polem. Většinou jsou hranice klepání u jednotlivých válců různé, takže během chodu motoru se nastavuje úhel předstihu zážehu zvlášť. [1] [13]



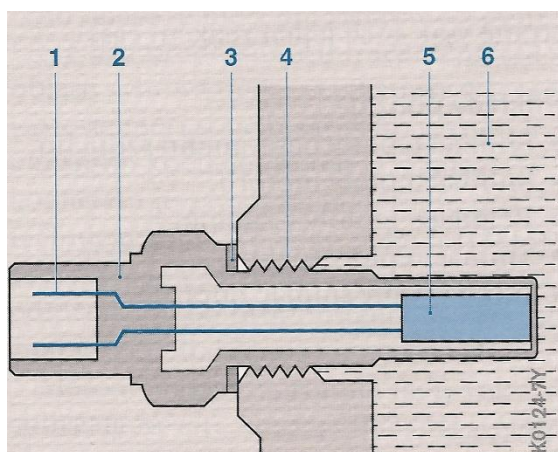
Obr 2.2 Signál snímače klepání [1]

2.2 SNÍMAČ TEPLOTY

Pro měření teploty motoru je u nejčastěji používaných snímačů nezbytný těsný kontakt, aby se teplota mohla snímat co nejpřesněji. Je také důležité správné umístění snímače, aby byla vlastní teplota snímače udržována nezávisle na teplotě jeho upevnění. Toto se řeší správným tepelným izolováním. V motorových vozidlech se používají pro měření teploty teplotní závislosti elektrických odporových materiálů s kladným a záporným teplotním koeficientem. U kladného koeficientu se s rostoucí teplotou elektrický odpor snímače zvyšuje. U záporného koeficientu se s rostoucí teplotou elektrický odpor snímače snižuje. [12]

Snímač teploty motoru:

Tento snímač snímá teplotu motoru a převedený elektrický signál posílá do řídicí jednotky. Je umístěn na bloku motoru a snímá teplotu chladicí kapaliny. Pokud se například obohacuje směs při zahřívání motoru, snímač teploty motoru vyhodnotí, že je motor zahřátý, a obohacení ukončí. Děje se to přibližně kolem 80 °C. Teplota motoru také významně ovlivňuje dávkování paliva (měřicí rozsah -40 až +130 °C). [12] [7]



- 1 – Elektrická přípojka
- 2 – Pouzdro
- 3 – Těsnicí kroužek
- 4 – Upevňovací závit
- 5 – Měřicí rezistor
- 6 – Chladicí kapalina

Obr 2.3 Snímač teploty chladicí kapaliny [8]

Snímač teploty vzduchu:

Tento snímač je spojen se snímačem hmotnosti nasávaného vzduchu. Změna teploty nasávaného vzduchu vyvolá změnu hmotnostního množství vzduchu přiváděného do motoru. Funguje na stejném principu jako snímač teploty chladicí kapaliny (měřicí rozsah -40 až +120 °C). [7]

Snímač teploty motorového oleje:

Signál snímače teploty motorového oleje se používá při výpočtu intervalu údržby. (měřicí rozsah -40 až +170 °C). [7]

Snímač teploty paliva:

Vyskytuje se v palivové části u vznětových motorů. Pomocí teploty paliva se přesně vypočítává množství vstřikovaného paliva (měřicí rozsah -40 až +120 °C). [7]

Snímač teploty spalin:

Je namontován na kritických místech výfukového systému. Využívá se k regulaci systému dodatečného zpracování spalin. Měřicí odpor je z platiny (měřicí rozsah -40 až +1000 °C). [7]

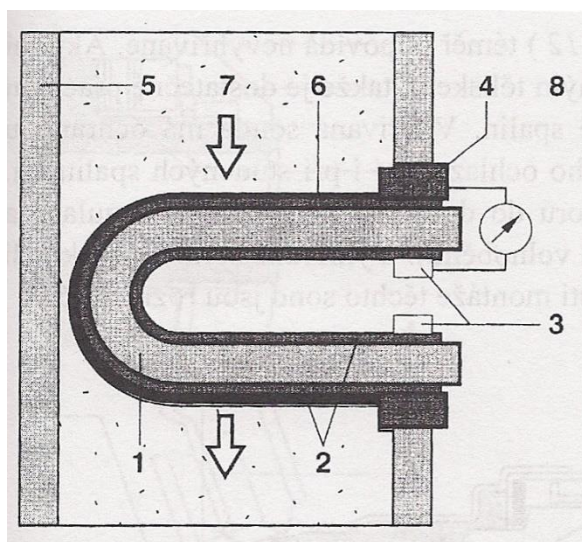
2.3 SNÍMAČ OBSAHU KYSLÍKU VE VÝFUKOVÝCH PLYNECH (LAMBDA SONDA)

Pokud chceme, aby byla zabezpečena příprava směsi s předpokládaným složením, je nutné, aby řídicí jednotka dostala signál o vyhodnocení regulace směsi a mohla případně korigovat množství vstřikovaného paliva. Tento signál se získává jedině z výfukových plynů, a to podle množství zbytkového kyslíku. Snímač se obecně nazývá *lambda sonda*. Je umístěna v proudu výfukových plynů před třicestným katalyzátorem. Signálu z lambda sondy se využívá ke změně množství škodlivých látek ve výfukových plynech. Z obsahu kyslíku se stanovuje poměr paliva a vzduchu – součinitel λ .

Při spalování směsi paliva vznikají výfukové plyny, a ty obsahují různé toxické složky a plyny. Množství těchto plynů závisí na vstupním poměru vzduchu a paliva. Existuje úroveň, kdy je těchto škodlivých plynů nejvíce eliminováno. To je hodnota $\lambda=1$. Odpovídá to poměru 14,7 kg vzduchu na 1 kg paliva. Tato hodnota se označuje jako stechiometrická hodnota pro dokonalé spalování. Když se přidá více paliva $\lambda < 1$, tak se jedná o bohatou směs, a koncentrace uhlovodíků a oxidu uhelnatého stoupne. Pokud je $\lambda > 1$, tak je směs chudá. Bohatost směsi je velice důležitá a má obrovský vliv na emise škodlivých plynů. [14] [15]

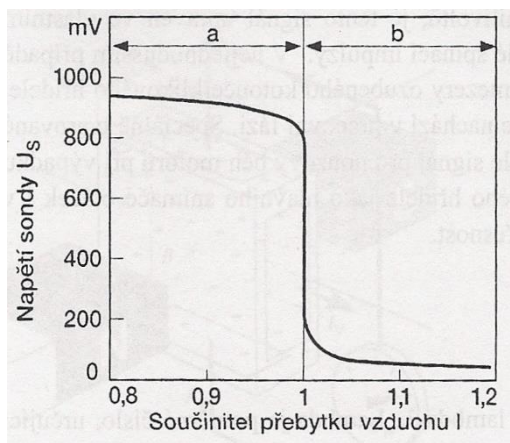
Konstrukce a princip funkce:

Vnější strana elektrody lambda sondy zasahuje do proudu výfukových plynů a vnitřní strana je v kontaktu s venkovním vzduchem. Funkce sondy je založena na principu galvanického kyslíkového článku s elektrolytem v pevné fázi. Je složena ze speciální keramiky, která se stává při vysokých teplotách vodivou, a na jejím povrchu jsou naneseny tenké platinové elektrody. Pokud výfukové plyny obsahují méně kyslíku, což znamená rozdíl obsahu kyslíku na jednotlivých elektrodách, tak se objeví na elektrodách elektrické napětí. Velikost napětí závisí na složení zápalné směsi. [13]



- 1 – Aktivní keramika sondy
- 2 – Elektrody
- 3 – Kontakt
- 4 – Upevnění v tělese
- 5 – Výfukové potrubí
- 6 – Keramická porézní ochranná vrstva
- 7 – Výfukové plyny
- 8 – Čistý vzduch

Obr 2.4 Umístění lambda sondy ve výfukovém potrubí [16]



Obr 2.5 Napěťová charakteristika lambda sondy [16]

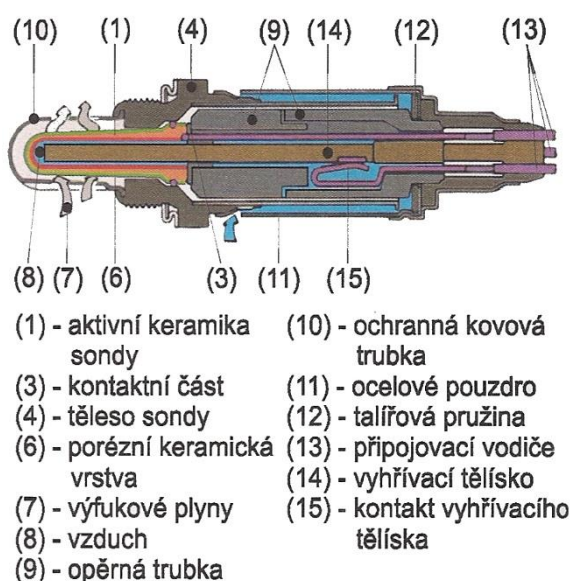
a – Bohatá směs (nedostatek vzduchu)

b – Chudá směs (přebytek vzduchu)

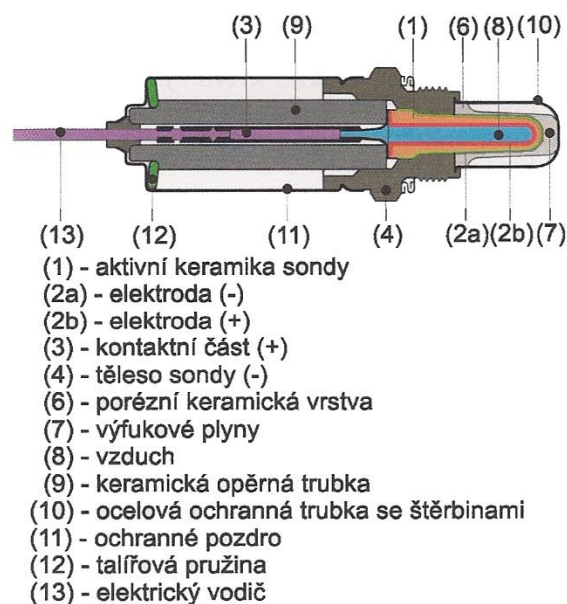
Při $\lambda=1$ se projeví skoková funkce (Obr 2.5). Pokud je spalovaná směs bohatá, napětí se pohybuje okolo 900 mV. Pokud je směs naopak chudá, je napěťový signál okolo 100 mV.

Lambda sondy se rozdělují na *dvoubodové* a *širokopásmové*. Ty se pak dále dělí na vyhřívané (Obr 1.20) a nevyhřívané (Obr. 1.21). Nevyhřívané se zahřívají jenom díky teplu, které vychází z výfukových plynů. Sonda spolehlivě pracuje, až když dosáhne teploty 350 °C a zahřátí trvá déle.

Vyhřívaná sonda se konstrukčně moc neliší od nevyhřívané. Keramika sondy je vybavena topným tělískem a díky tomu je pracovního zahřátí sondy dosaženo i při nízké teplotě spalin. Spolehlivě pracuje při 200 °C. Mají kratší reakční dobu, což zlepšuje rychlost regulace. Jsou daleko používanější než nevyhřívané. [10] [12]



Obr 2.6 Vyhřívaná lambda sonda [10]

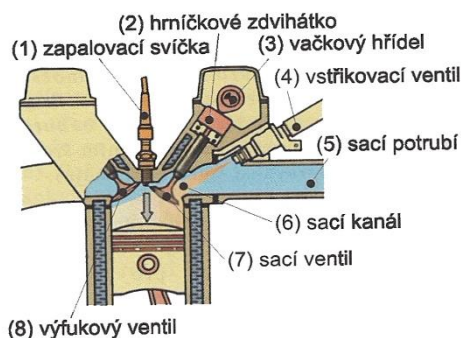


Obr 2.7 Nevyhřívaná lambda sonda [10]

3 AKČNÍ ČLENY ZAJIŠŤUJÍCÍ CHOD MOTORU

3.1 VSTŘIKOVACÍ VENTIL

Smíšené palivo se vzduchem ve správném poměru zajišťuje vstřikovací ventil, který se otevírá samočinně tlakem paliva (330 kPa). Vstřikuje přesně určenou dávku paliva do sacího potrubí před sací ventil. U vícebodového vstřikování je vstřikovací ventil umístěn v každém válci a palivo se vstřikuje nepřerušovaně přímo na sací ventil. U jednobodového vstřikování je jen jeden vstřikovací ventil, který palivo vstřikuje přerušovaně a je umístěn před škrtkou klapkou.



Obr 3.1 Vícebodové vstřikování benzínu do sacího potrubí [11]

3.1.1 ELEKTROMAGNETICKÝ VSTŘIKOVACÍ VENTIL U ZÁŽEHOVÉHO MOTORU

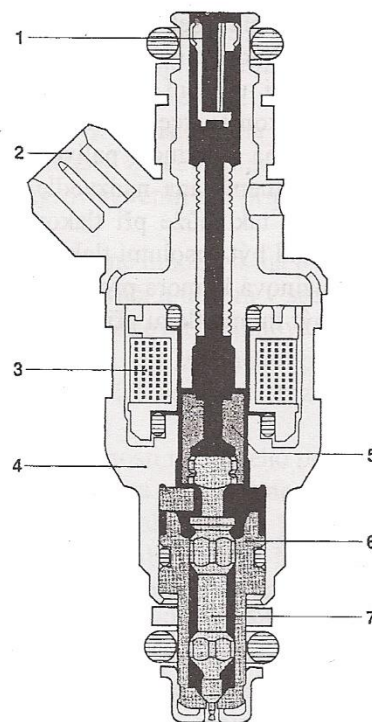
Vstřikovací ventil obsahuje ventilovou jehlu, která je ovládána kotvou elektromagnetu (obr. 3.2). Jehla je v těle ventilu přesně vedena. Pokud je ventil v klidovém stavu bez proudu, tak pružina shora tlačí ventilovou jehlu do sedla ventilu a je uzavřen průchod paliva do sacího potrubí motoru. Když řídící jednotka přivede elektrický proud a začne ovládat elektromagnetickou cívku, která je v tělese ventilu, tak se ventilová jehla nadzvedne asi o 0,1 mm a palivo je vstříknuto do sacího potrubí. V závislosti na otáčkách motoru a zatížení je ovládací čas ventilu 1,5 až 18 ms. Dobré rozprášení paliva zajišťuje čep, který je umístěn na konci jehly. Ventily jsou utěsněny těsníci kroužky a uloženy v plastickém držáku.

Aby byl minimální kontakt paliva se stěnou sacího potrubí, tak jsou u ventilů různě kalibrovány vypouštěcí otvory (obr. 3.3).

U trysky s kruhovou šterbinou je jehla prodloužena vstřikovacím čepem, na jehož konci je vybroušená vstřikovací hrana, a díky ní se palivo kuželově rozstříkne.

Jednootvorová tryska má namísto čepu tenkou desku s kalibrovaným otvorem. Vytváří velmi tenký paprsek a téměř se nedotkne sacího potrubí, ale velmi málo se rozpráší.

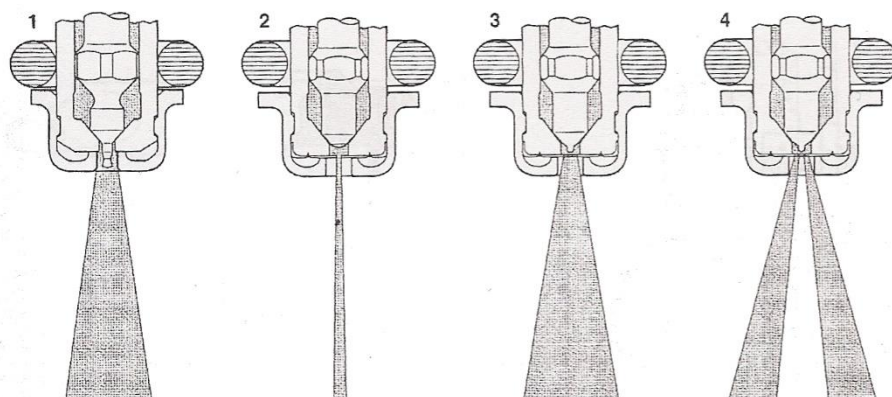
Víceotvorové trysky mají podobný tvar paprsku rozprášení jako s kruhovou šterbinou a otvory lze přizpůsobit tak, aby tvořily dva nebo více vstřikovacích paprsků.



- 1 - filtrační sítko v přívodu paliva,
- 2 - elektrický konektor,
- 3 - vinutí elektromagnetu,
- 4 - těleso ventilu,
- 5 - kotva,
- 6 - tělo ventilu,
- 7 - jehla ventilu

Obr 3.2 Vstřikovací ventil [12]

Používají se u motorů s více sacími ventily na válec, aby se mohlo optimálně rozdělit palivo. [12] [15]



Obr 3.3 Trysky vstřikovacích ventilů [12]

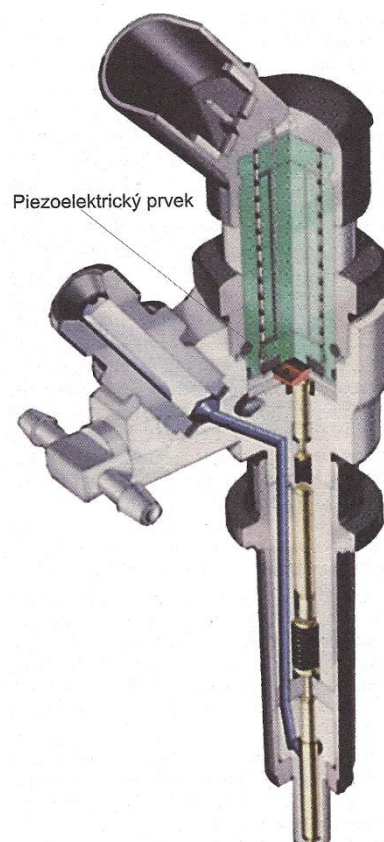
1 – s kruhovou štěrbinou, 2 – jednootvorové, 3 – víceotvorové, 4 – víceotvorové u dvoupaprskového vstřikovače

3.1.2 VSTŘIKOVAČE U VZNĚTOVÉHO MOTORU SYSTÉMU COMMON RAIL

Podle řízení se vstřikovače rozdělují na:

a) piezoelektricky řízený vstřikovač:

Tento vstřikovač funguje na základě piezoelektrického jevu. Pokud se na krystal přivede elektrické napětí, deformuje se a vytváří se síla. Tento jev se využívá k nadzvedávání jehly vstřikovací trysky ve vstřikovači. Z tenké keramické fólie se vyrobí přibližně 400 vrstev, které jsou seskupeny do piezoelektrického prvku. Přivede se na něj napětí, a to způsobí pohyb krystalů. Tento pohyb se mechanicky pomocí pístků a pružinek převede na zdvih jehly vstřikovací trysky, která se přibližně zvedne o 0,08 mm. I takto malý zdvih postačí, aby se tryska mohla přesně otvírat a zavírat. Hlavní výhodou tohoto vstřikovače je velice krátká doba spínání – přibližně 0,1 ms. Tento vstřikovač je čtyřikrát rychlejší než vstřikovač elektromagnetický. Dále umožňuje rozdělit jeden vstřik až na 7 samostatných vstřiků. Díky tomuto rozdělení vstřikovaného paliva je chod motoru hladší, sníží se mechanické zatížení součástí a emise ve výfukových plynech. [17]



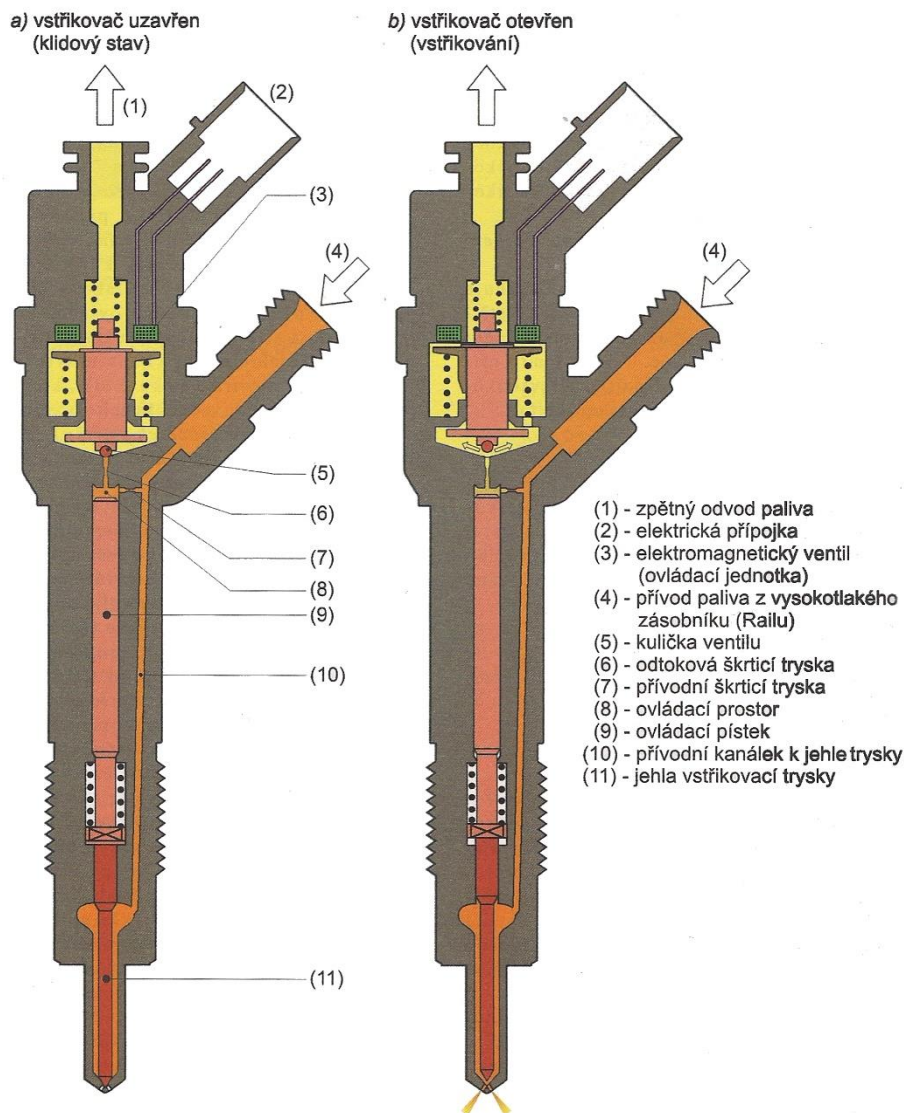
Obr 3.4 Vstřikovač řízený piezoelektricky [17]

b) elektromagneticky řízený vstřikovač:

Tento vstřikovač se rozděluje na tři funkční bloky:

- Vstřikovací tryska
- Hydraulický ovládací systém
- Elektromagnetický ventil

Palivo je přiváděno do vysokotlaké přípojky (4) přívodním kanálem (10) k jehle vstřikovací trysky (11) a současně přes přívodní škrťací trysku (7) do ovládacího prostoru (8) nad ovládací pístek (9). Tlak paliva v tomto prostoru a kulička kotvy ventilu (5), která je tlačena vinutou pružinou, vytvářejí větší tlak, než je tlak na kužel jehly. Díky tomu se jehla přitlačuje do sedla a uzavírá trysku. Pokud přivedeme signál z řídicí jednotky do elektromagnetického ventilu (3), otevře se kulička ventilu, která leží na odtokové škrťací trysce, a propojí se se zpětným odvodem paliva (1). Tím klesne tlak paliva v ovládacím prostoru (8). Když je síla od tlaku paliva větší než přitlačná síla pružiny, otevře se jehla a vstříkne se palivo. Poté, co řídicí jednotka přeruší napěťový impuls, elektromagnetický ventil uzavře kuličkový ventil, vzroste tlak v ovládacím prostoru a jehla trysky uzavře. [10] [18]



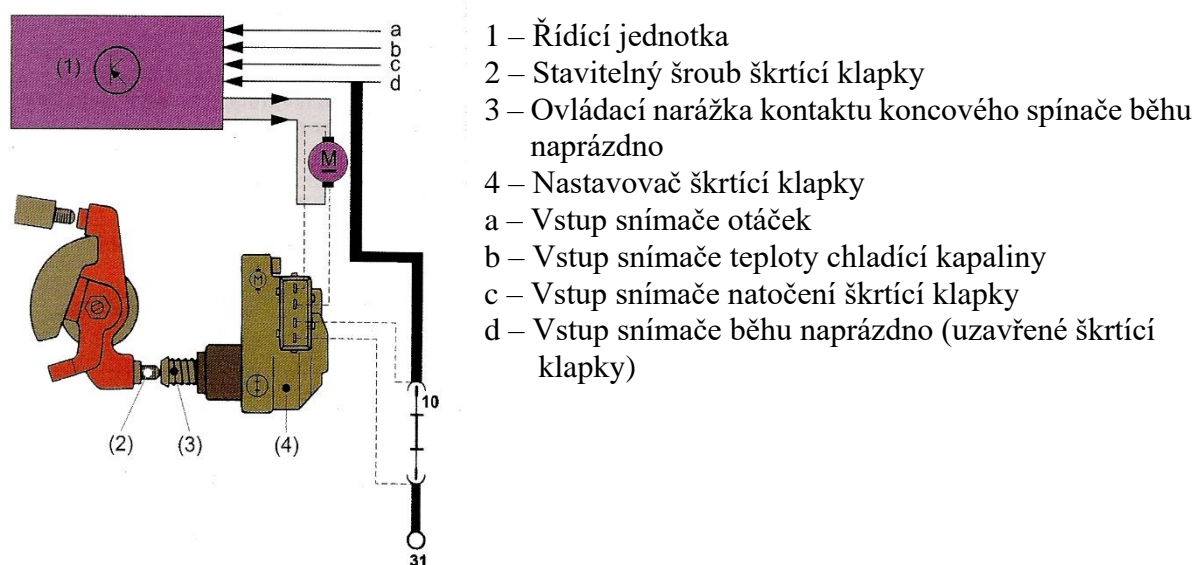
Obr 3.5 Elektromagnetický vstřikovač [10]

3.2 NASTAVOVAČ ŠKRTÍCÍ KLAPKY

Nastavovač (servomotor) škrťící klapky se používá pro regulaci volnoběžných otáček motoru. Účelem regulace je vyrovnávání kolísání otáček, které je způsobeno různými změnami zatížení motoru. Pro řídicí jednotku jsou z hlediska regulace důležité tyto parametry:

- Otáčky motoru
- Teplota chladicí kapaliny
- Úhel natočení škrtící klapky

Součástí nastavovače je spínač běhu naprázdno (spínač uzavřené škrtkící klapky). Regulace volnoběžných otáček se sepne, pokud spínač běhu naprázdno dosedne na nastavitelný šroub, který se dotýká narážky nastavovací tyče. Jelikož je provozní teplota motoru různá (např. při studeném startu), je nutné různé nastavení polohy škrtkící klapky.

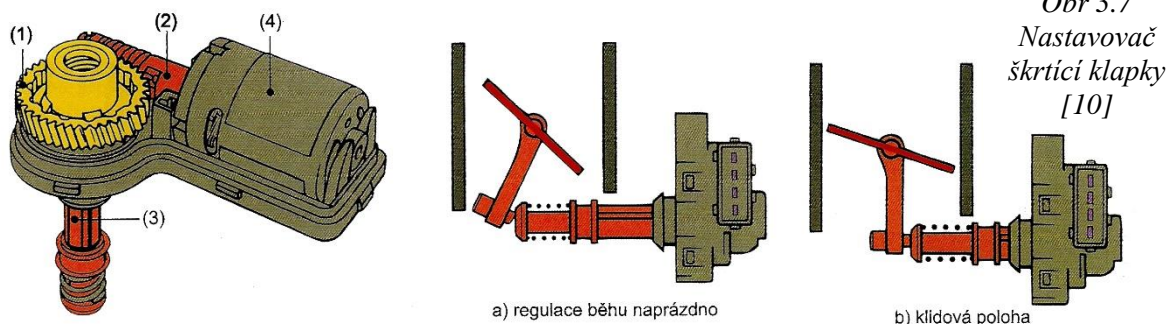


Obr. 3.6 Regulace volnoběžných otáček nastavovačem škrtkací klapky [10]

Konstrukce a princip funkce:

Nastavovač je ovládán krokovým motorem (4), který otáčí šnekový pohon (2), šnekové kolo (1) a nastavovací tyčku (3). Pokud je motor studený, tak se nastaví větší úhel otevření škrtkové klapky. Při zahřátém motoru je úhel menší.

Když řidič pustí akcelerační pedál a škrtící klapka se uzavře, tak volnoběžné otáčky klesnou pod hodnotu, která je naprogramovaná v řídicí jednotce. V tu chvíli řídicí jednotka uvede do provozu nastavovač škrtící klapky. Ten natočí škrtící klapku přibližně otáčkám, které jsou uloženy v jednotce. Regulace natočením se provádí tehdy, kdy je rozdíl otáček přibližně 25 min^{-1} , a to z důvodu relativně velkého kroku servomotoru. Pokud by se regulace prováděla při nižší odchylce, došlo by k nepravidelnému chodu motoru. Rychlost reakce a změny hodnoty volnoběžných otáček leží v rozmezí několika milisekund. [17] [19]



3.3 ZAPALOVACÍ CÍVKA

Zapalovací cívka akumuluje zapalovací energii a ve formě vysokonapětových impulzů ji předává přes zapalovací kabely k zapalovacím svíčkám. Cívka je takový malý transformátor. Z nízkého napětí baterie 12 V se vytvoří napětí okolo 45000 V.

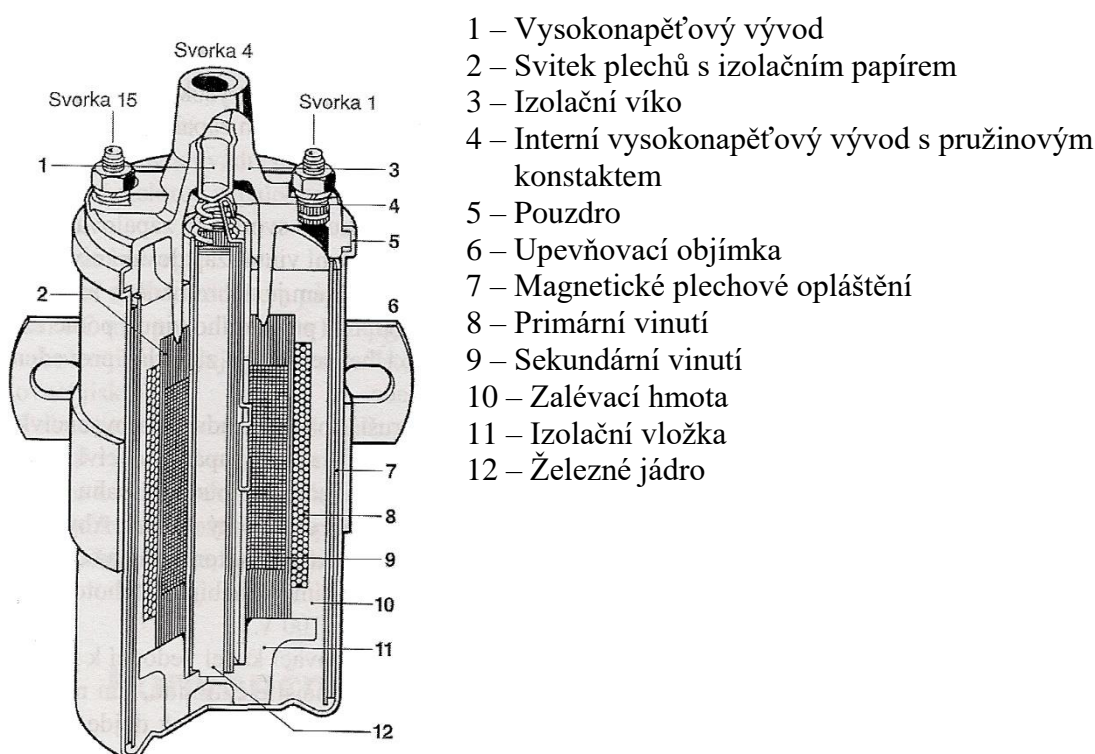
3.3.1 ZAPALOVACÍ CÍVKA U KONVENČNÍHO CÍVKOVÉHO ZAPALOVÁNÍ

Konvenční cívkové zapalování je řízené kontakty. Proud protéká cívkou a je vypínán a zapínán přerušovačem v rozdělovači. Je to nejjednodušší verze zapalování, která se už nepoužívá.

Konstrukce a princip funkce:

Zapalovací cívka je složena z pouzdra, ve kterém je uložen plášť z plechů a magneticky ji uzavírá. Na lamelovém železném jádru je navinuto sekundární vinutí. Přes železné jádro je elektricky spojeno s prostředním vývodem ve víku zapalovací cívky. Jádro musí být v cívce nahoře izolováno víkem a na dně vloženou izolační vložkou. Vysoké napětí leží na železném jádru. Na jádru je navinuto sekundární vinutí, na jehož konci je svorka 4 a na něm primární vinutí, na jehož konci je svorka 15. Oboje vinutí jsou spojena do série a spojují se ve svorce 1. Tato svorka je ukostřena přes přerušovač, svorka 4 je pro vysokonapětový vývod k zapalovací svíčce a svorka 15 je pro napětí akumulátoru. Všechny tři svorky jsou umístěny na izolačním víku.

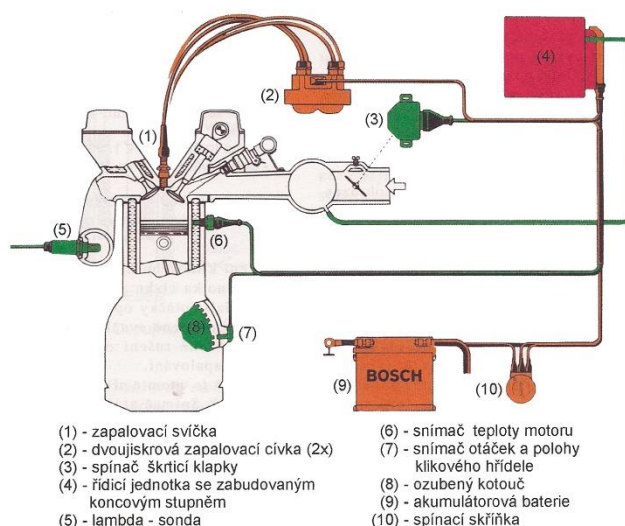
Primární proud, který protéká primárním vinutím zapalovací cívky, je přerušovačem zapínán a vypínán. Hodnotu proudu určuje napětí akumulátoru. Pokud se ukostření přes svorku 1 přeruší, přeruší se elektrický obvod, poklesne napětí na primáru a vysoké napětí se naindukují na sekundárním vinutí. Následně při obnovení ukostření se uzavře elektrický obvod a vysoké napětí přes svorku 4 se pošle do zapalovací svíčky. [20]



Obr 3.8 Zapalovací cívka [20]

3.3.2 ZAPALOVACÍ CÍVKY U PLNĚ ELEKTRONICKÉHO ZAPALOVÁNÍ

U motorů s plně elektronickým zapalováním se už nepoužívá rozdělovač. Pro spuštění procesu zážehu je používán signál ze snímače otáček a snímač tlaku. Řídicí jednotka vypočítá z těchto signálů potřebný předstih. Vypočítává se pro každé nové zapálení. Předstih je upravován podle různých hledisek s ohledem na spotřebu, točivý moment atd. Všechny signály určené pro zápal se zpracují v řídicí jednotce, a ta posílá signál do zapalovací cívky na svorku 1. Tato cívka vytváří zážeh.

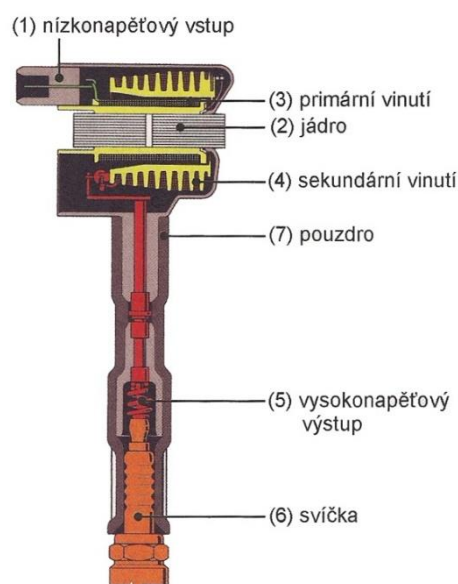


Obr 3.9 Plně elektronické zapalování [18]

Zapalovací cívky se rozdělují na:

a) jednojiskrové zapalovací cívky – používají se pro lichý počet válců a každý válec má svoji zapalovací cívku. Snímač na klikové hřídeli dává každou otáčkou impuls, který určuje bod zážehu. Cívka je buď se svíčkou spojena krátkým kabelem, nebo je cívka na svíčce přímo nasazena. Druhá varianta je častější.

b) dvoujiskrové zapalovací cívky – používají se pro sudý počet válců. Například pro čtyřválec jsou použity dvě dvoujiskrové cívky. Když řídicí jednotka pošle signál k vytvoření jiskry, na připojených svíčkách se jiskry vytvoří současně. To znamená, že svíčky musí být rozmístěny tak, aby v 1. válci na konci kompresního zdvihu vznikl zápal. Druhá jiskra vznikne ve 4. válci, kde probíhá výfuk, takže je cyklus posunut o 360° . Jiskra vyjde naprázdno, protože ve válci jsou už jenom spaliny. O jednu otáčku později se cyklus vymění, ve 4. válci bude probíhat komprese a v 1. výfuk. Stejně to probíhá u 3. a 2. válce, kde je cyklus posunut o 180° . Tyto cívky mají dvě svorky 4, pro každý válec jednu. [21] [1]



Obr 3.10 Jednojiskrová cívka spojená se svíčkou [17]

c) čtyřjiskrové zapalovací cívky – cívka má dvě primární vinutí s opačným smyslem vinutí a jedno sekundární vinutí. Vysokonapěťové vinutí má na každém výstupu diody, které zajišťují správné pořadí jisker. U tohoto provedení vznikají současně dvě jiskry, stejně jako u dvojčjiskrového provedení.

4 AKČNÍ ČLENY OPTIMALIZUJÍCÍ CHOD A VÝKON MOTORU

4.1 VENTIL RECIRKULACE SPALIN

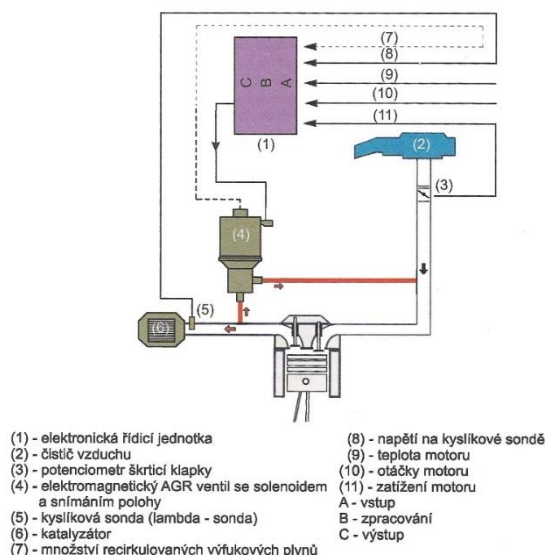
Ventil recirkulace spalín je označován jako EGR ventil (z angl. Exhaust Gas Recirculation). Můžeme se ale také setkat s označením AGR ventil (z něm. Abgas – Rückfür – Ventil). Tento ventil je umístěn ve spojovacím potrubí a recirkuluje spaliny. To znamená, že vede část výfukových plynů zpět do sání a následně do spalovacího motoru. Je velmi účinnou metodou ve snižování oxidů dusíku (NO_x). Motor tedy nasává směs čerstvého vzduchu se spaliny. Současně výfukové plyny pohlcují teplo a dochází ke snížení teploty ve spalovacím motoru. Právě vysoká teplota při spalování vede k nadměrné tvorbě emisí oxidu dusíku. U zážehových motorů se díky tomuto ventilu sníží obsah NO_x přibližně o 40 %.

Konstrukce a princip funkce:

Ventil obsahuje membránu a je spojen s nastavovačem podtlaku, jehož základním úkolem je udržovat konstantní tlak pro řízení membrány. Z nastavovače podtlaku vede výstupní signál, což je podtlak, jehož hodnota je nastavena v závislosti na poměrném řídicím signálu řídicí jednotky. Ventil je v klidové poloze zavřen silou vinuté pružiny. Do EGR ventilu je na membránu přiveden podtlak z nastavovače, otevře se a spojí výfukové a sací potrubí. Čím větší je podtlak, tím větší je zdvih membrány a více spalín se přisává do sacího potrubí. [21]

EGR ventily se dělí na:

- a) *pneumatické* – mají jednoduché membránové ventily spojené se snímačem teploty nebo s potenciometrem snímání polohy. Tyto ventily se již nepoužívají.
- b) *elektropneumatické* – již mají nastavovač podtlaku a řídí je řídicí jednotka
- c) *elektromagnetické* – pracují 10x rychleji a jsou přesněji ovládány. Obejdou se bez podtlaku a jsou tím pádem konstrukčně jednodušší.



Obr. 4.1 Schéma systému recirkulace výfukových plynů [10]

4.2 VARIABILNÍ ČASOVÁNÍ VENTILŮ

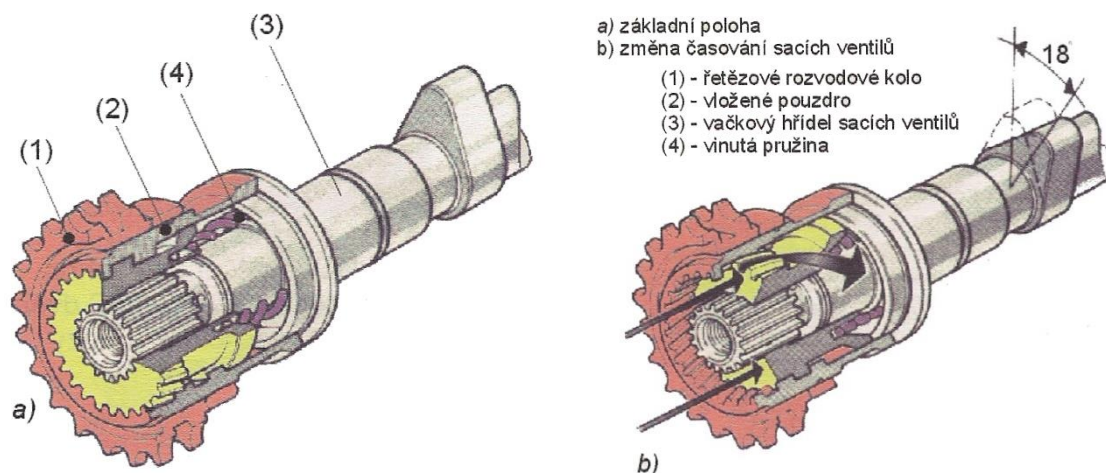
Klasické rozvodové mechanismy s konstantním časováním ventilů, které se otvírají v závislosti na pohybu pístu a stejným zdvihem, vyhovují pouze v úzkém rozmezí otáček. Pokud zůstane sací ventil co nejdéle otevřen, zlepšuje se plnění válců při vysokých otáčkách. Ovšem když takto naladíme motor, aby zůstával sací ventil déle otevřen, při nízkých otáčkách dochází k nepravidelnému chodu, snížení výkonu a vysokého podílu škodlivin ve výfukových plynech. Tím pádem potřebujeme také, aby byl dříve uzavřen sací ventil, tím dosáhneme nejlepšího výkonu při nízkých otáčkách. Aby se dokázaly sladit tyto veličiny dohromady a měly co nejlepší výkon při nízkých a vysokých otáčkách, tak se používá variabilní časování ventilů. Zároveň se tím zlepší průběh točivého momentu, zmenší se hlučnost motoru a sníží se obsah škodlivých látek ve výfukových plynech. Variabilní (proměnné) časování ventilů mění polohu vačkového hřídele sacích ventilů vůči vačkovému hřídeli výfukových ventilů, čímž se mění okamžiky otevření a zavření sacích ventilů a překrytí ventilů v určitých oblastech otáček.

Hlavní řídicí veličinou jsou otáčky, dalšími veličinami je zatížení a teplota motoru. V závislosti na otáčkách motoru hydraulický nebo elektrický nastavovač vačkového hřídele natočí vačku a tím mění časování. Aby variabilní časování mohlo fungovat, musí být v hlavě válců vačka jak pro sací, tak pro výfukové ventily. [12]

Natočení vačkového hřídele se provádí různými způsoby. Uvedl jsem základní konstrukce časování ventilů.

4.2.1 ELEKTROHYDRAULICKÉ MĚNIČE ČASOVÁNÍ VENTILŮ

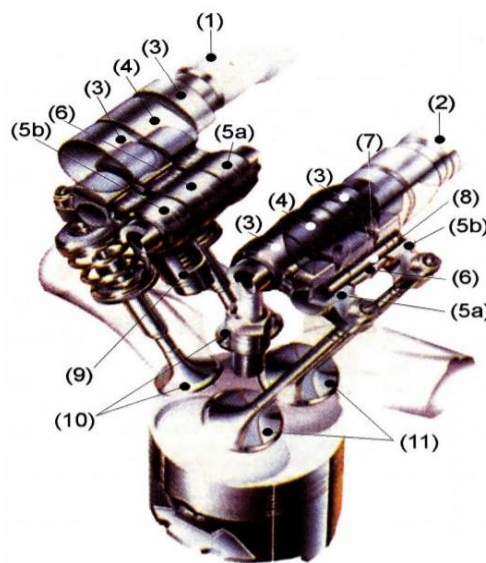
Tyto fázové měniče se používají ve značné míře. Poprvé se objevily u sériových motorů v roce 1985. Jak už bylo zmíněno, v hlavě válců musí být dvě vačkové hřídele (DOHC). Činná část se nachází na předním konci vačkového hřídele sacích ventilů. V hlavě řetězového kola jsou šikmé drážky a těmi je vedeno pouzdro, které je do nich vloženo. Pouzdro je spojeno přes přímé drážkování s vačkovým hřídelem. Pokud se nachází v základní poloze, tak ho drží vinutá pružina. Díky působení tlaku oleje se pouzdro posouvá proti pružině a spolu s vačkovým hřídelem mění začátek i konec otevření sacích ventilů. Tlak oleje je řízen řídicí jednotkou. Vačka se k rozvodovému kolu pootočí o 15° až 30° . Toto natáčení používá dvoustupňovou nebo plynulou fázovou změnu. Mění se jen začátek otevírání ventilů, průběh a otevření v důsledku konstantního profilu vačky zůstávají stejné. [12]



Obr 4.2 Elektrohydraulický měnič [11]

4.2.2 VARIABILNÍ ROZVOD HONDA VTEC

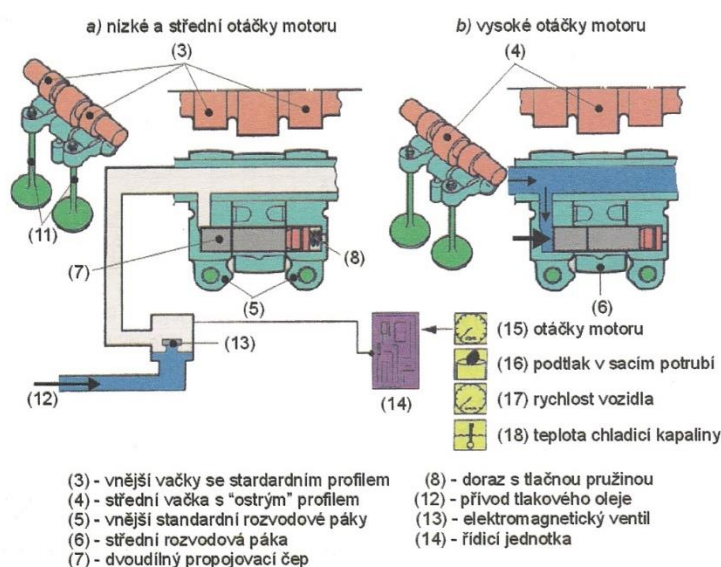
Rozvod Honda VTEC (Variable Valve Timing and Lift Electronic Control) používá elektronicky řízenou změnu časování a zdvihu ventilu. Tuto funkci vysvětlím na motoru Honda Civic 1.6. Čtyřventilový rozvod má pro každou dvojici sacích a výfukových ventilů tři vačky a tři rozvodové páky. V nízkých otáčkách se ventily otevírají krajními vačkami napřímo rozvodovými pákami. Časování a zdvih ventilů je navržen tak, aby byla zaručena příznivá spotřeba paliva a dobrý točivý moment. Střední vačka běží naprázdno a střední rozvodová páka se volně vykyvuje na čepu. Se zvýšením otáček dojde posuvem děleného čepu k mechanickému propojení všech tří pák, aktivuje se prostřední páka, střední (ostrá) vačka začne určovat ovládání ventilů. Tato ostrá vačka má stejný průměr jako obě krajní, ale jiný profil a zdvih.



- (1) - vačkový hřídel výfukových ventilů
- (2) - vačkový hřídel sacích ventilů
- (3) - krajní vačka pro nízké otáčky
- (4) - střední vačka pro vysoké otáčky
- (5a), (5b) - primární a sekundární krajní rozvodové páky
- (6) - prostřední rozvodová páka
- (7) - dvoudílný spojovací čep
- (8) - doraz s tlačnou pružinou
- (9) - opěrka
- (10) - výfukové ventily
- (11) - sací ventily

Přechod mezi krajními vačkami a ostrou vačkou určuje řídicí jednotka v závislosti na otáčkách, zatížení, teplotě a rychlosti jízdy. V daném okamžiku pošle signál hydraulické soustavě, ta přesune propojovací čep a spojí krajní prostřední páku, která ovládá oba ventily podle profilu střední vačky. [22]

Obr 4.3 Variabilní rozvod Honda VTEC (Civic 1.6) [11]



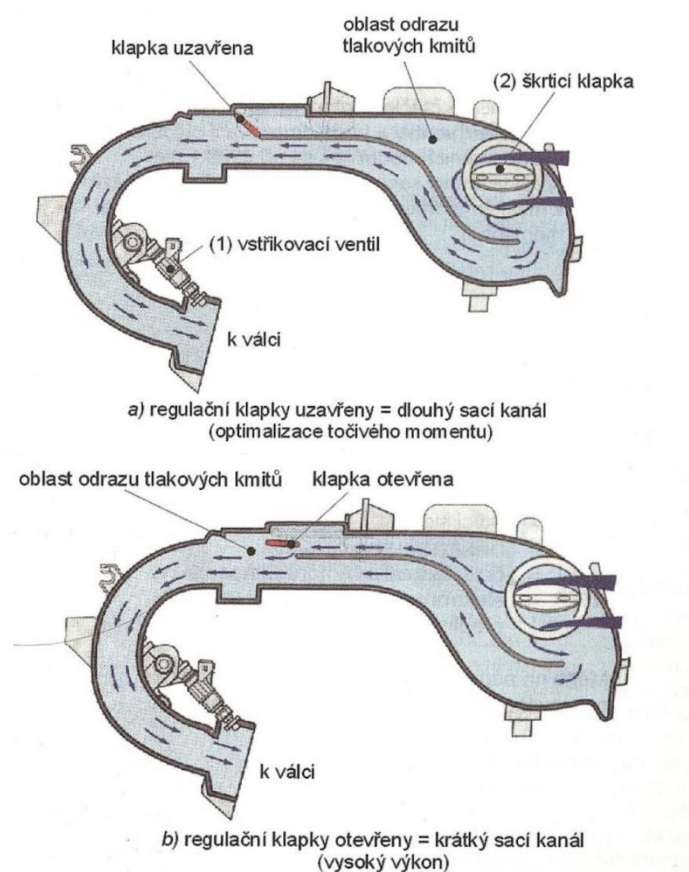
Obr 4.4 Schématické znázornění činnosti [11]

4.3 VARIABILNÍ SACÍ POTRUBÍ

Hlavním požadavkem koncepce motoru je dosažení co největšího točivého momentu při nízkých otáčkách a vysokého výkonu při maximálních otáčkách motoru. Jednou z možností, jak tohoto požadavku docílit, je variabilní časování ventilů, jak jsem zmínil v předchozí kapitole. Další možností je variabilní sací potrubí. Tuto možnost nelze použít u sacího potrubí s karburátorem nebo s jednobodovým vstřikováním. Ale u vícebodového vstřikování, kde je nasáván pouze vzduch a palivo je vstřikováno až těsně před sacími ventily, lze tuto možnost použít. Využívá dynamiky proudění nasávaného vzduchu. Sací potrubí mění nastavení podle závislosti na zatížení, otáčkách a úhlu natočení škrtkové klapky.

Konstrukce a princip funkce:

Sací potrubí je konstruováno tak, že má dvě kanálové varianty. Kratší kanál zajišťuje výkon a delší kanál točivý moment. O tom, kterým z kanálů bude nasáván vzduch proudit, rozhoduje poloha přestavovací klapky. Je-li vzduch nasáván delším kanálem, pohybem pístu a ventilů, vznikající tlakové vlny se odrážejí na předem určeném místě, takže při optimálně zvolené délce kanálu dostávají tyto pulsace charakter přepřehování. Pozitivně tak lze ovlivnit hodnotu točivého momentu v nízkých a středních otáčkách. Po dosažení určité úrovně otáček se přestavovací klapka přetočí do druhé krajní polohy a vzduch může proudit pouze kratším kanálem. Díky tomu je plnění válců rychlé a motor může dosáhnout vysokého výkonu. [22]



Obr 4.5 Variabilní sací potrubí [22]

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo uvést přehled a popsat funkce snímačů a akčních členů. Snímače i akční členy jsou velice důležitou součástí spalovacích motorů a díky nim je možné zajistit vysoký výkon při nejnížší realizovatelné spotřebě a zároveň co nejvíce snížit hodnoty škodlivin, na které jsou v dnešní době kladeny velice tvrdé požadavky. Budoucnost pro snímače a akční členy je otevřená a jejich rozvoj je zaměřen především na přesnost a spolehlivost.

V první části práce jsou popisovány snímače pro spalovací motory včetně jejich funkce. Jsou nedílnou součástí elektronického řízení motoru. Jejich signály řídí zážeh nebo vstřik paliva. Všechna data ze snímačů se zpracovávají v řídicí jednotce, která je významnou součástí dnešních moderních spalovacích motorů. Naměřené signály se porovnávají s uloženými daty a následně jsou vyhodnocovány řídicí jednotkou.

V druhé části jsem uvedl přehled základních akčních členů, popsal jsem vstřikovací ventily a rozdělil je podle použitého paliva. Následně jsem zmínil nastavovač škrtkové klapky, který řídí volnoběžné otáčky. Uvedl jsem také přehled zapalovacích cívek a popsal plně elektronické zapalování, které se používá u nejmodernějších vozidel. V poslední části této bakalářské práce jsem se věnoval akčním členům, které optimalizují chod motoru.

Díky této bakalářské práci jsem si uvědomil význam snímačů a akčních členů používaných u současných pohonných jednotek. Moderní spalovací motory jsou mnohem složitější oproti motorům, které byly vyrobeny v minulosti. Stačí jedna kritická chyba, kterou snímač vyhodnotí, a řídicí jednotka uvede vozidlo do nouzového režimu. Na druhou stranu jsou motory více výkonné, nemusejí se tak často seřizovat a mají hladší a tišší chod.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] VLČEK, Jiří. Čidla a snímače. *Snímače v motorových vozidlech* [online]. 2008 [cit. 2019-03-21].
- [2] PLANKENHORN HORST. *Speed sensor*. 2005. Dostupné také z: <http://worldwide.espacenet.com/searchResults?DB=EPODOC&compact=false&query=CZ295388>
- [3] REICHL, J. *Encyklopedie fyziky* [online]. b.r. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/294-halluv-jev>
- [4] Hallův jev. *WIKISRIPTA* [online]. b.r. [cit. 2019-03-21].
- [5] ZABLER, Erich. *Snímače v motorových vozidlech*. 1. české vyd. Přeložil Tomáš KAMPÁN. Praha: Robert Bosch, 2003. Technické vzdělávání. ISBN 80-903132-5-6.
- [6] JAN, Zdeněk, Jindřich KUBÁT a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Elektrotechnika motorových vozidel 1*. 1. vyd. Brno: Avid, 2001.
- [7] ŠTĚRBA, Pavel. *Elektronika a elektrotechnika motorových vozidel: seřizování, diagnostika závad a chybové kódy OBD*. 1. vyd. Brno: CPress, 2013. ISBN 978-80-264-0271-8.
- [8] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Příslušenství*. 4. vydání. Brno: Avid, spol. s r.o., 2013. ISBN 978-80-87143-29-2.
- [9] JAN, Zdeněk. *Motory*. 3. vyd. Brno: AVID, 2004.
- [10] FERENC, Bohumil. *Spalovací motory: karburátory a vstřikování paliva*. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 2004. Auto-moto-profi (Computer Press). ISBN 80-251-0207-6.
- [11] VLK, František. *Automobilová elektronika*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7063-1.
- [12] *Indukční snímač otáček*. 1988. Dostupné také z: <http://worldwide.espacenet.com/searchResults?DB=EPODOC&compact=false&query=CS8602165>
- [13] JILEK, Petr a Jan POKORNÝ. *Introduction to internal combustion engines: study material*. Ed. 1st. Pardubice: University of Pardubice, Jan Perner Transport Faculty, 2014. ISBN 978-80-7395-800-8.

- [14] BROŽ, Jiří a Luboš TRNKA. Elektronické řízení vznětového motoru V. *Praktická dílna* [online]. 2006, , 16 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: http://www.skola-auto.cz/wp-content/uploads/2017/09/EDC_V.pdf
- [15] VOJÁČEK, Antonín. *Princip a použití Lambda sondy* [online]. 2006 [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/view.php%3Fcislocclanku%3D2006061301>
- [16] VLK, František. *Elektrická zařízení motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2005. ISBN 80-239-3718-9.
- [17] VLK, František. *Elektronické systémy motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2002. ISBN 80-238-7282-6.
- [18] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jindřich KUBÁT. *Elektronika motorových vozidel 2*. Aktualiz. vyd. Brno: Avid, 2008. ISBN 978-80-87143-07-0.
- [19] Princip činnosti vstřikovače. *Turbo-Tec* [online]. b.r. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <http://www.turbo-tec.eu/cz/princip-cinnosti-vstrikovace/>
- [20] FORAL, Martin. *Optimalizace sacího potrubí zážehového motoru*. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2009.
- [21] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [22] HEISLER, Heinz. *Advanced engine technology*. Warrendale, PA: SAE International, 1995. ISBN 1-56091-734-2.
- [23] DUSIL, Tomáš. Systém recirkulace spalin EGR. *Auto.cz* [online]. 2017 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/system-recirkulace-spalin-egr-strasak-modernich-motoru-a-vsechny-jeho-zavady-111938>
- [24] SCHWARZ, Jiří. *Automobily Škoda Octavia II* [online]. Druhé, přepracované a rozšířené vydání. Grada Publishing a.s., 2010 [cit. 2019-04-28]. ISBN 8024770067. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=HjIk-MpmOMAC&pg=PA287&lpg=PA287&dq=variabiln%C3%AD+sac%C3%AD+potrub%C3%v=onpage&q&f=false>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

AGR	Abgas – Rückfür – Ventil
EGR	Exhaust Gas Recirculation
NO _x	Oxid dusíku
DOHC	Double Over Head Camshaft
VTEC	Variable valve Timing and lift Electronic Control
λ [-]	Poměr paliva a vzduchu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr 1.1 Hallův jev	15
Obr 1.2 Konstrukce Hallového snímače.....	16
Obr 1.3 Indukční snímač otáček.....	17
Obr 1.4 Snímač otáček s Hallovým prvkem na skříni převodovky.....	17
Obr 1.5 Diferenciální Hallovy tyčové snímače	18
Obr 1.6 Pulzující hmotnostní proud vzduchu.....	19
Obr 1.7 Umístění v sacím systému.....	19
Obr 1.8 Měřič množství vzduchu	20
Obr 1.9 Hlavní část měřiče hmotnosti vzduchu s vyhříváním drátkem	21
Obr 1.10 Snímač hmotnosti nasávaného vzduchu s vyhříváním filmem	21
Obr 1.11 Potenciometr škrtkové klapky.....	22
Obr 1.12 Snímač tlaku.....	23
Obr 1.13 Membrána s měřicími elementy	23
Obr 1.14 Snímač úhlu natočení	24
Obr 2.1 Snímač klepání motoru	25
Obr 2.2 Signál snímače klepání.....	26
Obr 2.3 Snímač teploty chladicí kapalin	27
Obr 2.4 Umístění lambda sondy ve výfukovém potrubí	28
Obr 2.5 Napěťová charakteristika lambda sondy	29
Obr 2.6 Vyhřívání lambda sonda.....	29
Obr 2.7 Nevyhřívání lambda sonda	29
Obr 3.1 Vícebodové vstřikování benzínu do sacího potrubí	30
Obr 3.2 Vstřikovací ventil	30
Obr 3.3 Trysky vstřikovacích ventilů.....	31
Obr 3.4 Vstřikovač řízený piezoelektricky.....	31
Obr 3.5 Elektromagnetický vstřikovač.....	32
Obr 3.6 Regulace volnoběžných otáček nastavovačem škrtkové klapky.....	33
Obr 3.7 Nastavovač škrtkové klapky	33
Obr 3.8 Zapalovací cívka	34
Obr 3.9 Plně elektronické zapalování.....	35
Obr 3.10 Jednojiskrová cívka spojená se svíčkou	35
Obr 4.1 Schéma systému recirkulace výfukových plynů	37
Obr 4.2 Elektrohydraulický měnič	38
Obr 4.3 Variabilní rozvod Honda VTEC	39
Obr 4.4 Schématické znázornění činnosti	39
Obr 4.5 Variabilní sací potrubí.....	40